НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 546.92:(470.6) DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-1-59-73

ПРЕДПОСЫЛКИ И ПРИЗНАКИ ПЛАТИНОНОСНОСТИ ГИПЕРБАЗИТОВЫХ МАССИВОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© 2017 г. С.Г. Парада¹

Аннотация. С применением технологии совмещения традиционного пробирного анализа благородных металлов в геологических пробах и быстро развивающегося метода анализа растворов на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ICP-спектрометрия) впервые предпринята попытка определить содержания Pt и Pd в коренных гипербазитах и продуктах их экзогенного разрушения некоторых массивов Северного Кавказа. Всего отобрано и изучено 538 проб из наиболее крупных – Беденского и Малкинского – гипербазитовых массивов Бечасынской зоны и относительно небольших гипербазитовых даек восточной части зоны Передового хребта. Установленные содержания Рt и Рd в коренных гипербазитах соответствуют средним содержаниям этих элементов в гарцбургитах офиолитовых комплексов. При этом аномально повышенные значения обнаруживаются в количестве от 4 до 12 % выборки. Содержания Рt и Рd в продуктах экзогенного разрушения гипербазитов в основном соответствуют их концентрациям в коренных породах, что подтверждает возможность использования результатов химико-аналитических определений Pt и Pd во вторичных ореолах рассеяния для оценки платиноносности коренных пород. Наиболее важным результатом исследований, имеющих значение для целевого прогнозирования платиноносности гипербазитовых массивов, стало химико-аналитическое определение в коренных гипербазитах и продуктах их экзогенного разрушения субпромышленных содержаний Pt и Pd, а также обнаружение с помощью микроскопии частиц самородной платины. Повышенные содержания Pt и Pd, установленные в коренных породах, надежно отражаются повышенными содержаниями этих элементов во вторичных ореолах рассеяния. Наиболее перспективные геохимические аномалии приурочены к участкам развития аподунитов. Построены петрологические модели изученных гипербазитов восточной части зоны Передового хребта и Малкинского гипербазитового массива и осуществлено их сопоставление с эталонными петрологическими моделями платиноносных массивов мира. Вариации химизма пород Малкинского массива соответствуют данным о его расслоенной природе и дают основания сопоставлять рассматриваемый массив с расслоенным Бушвельдским плутоном Южной Африки. Исходя из этой модели, можно ожидать платино-хромитовый и платиноидно-титано-магнетитовый типы возможных месторождений, связанных с гипербазитами Малкинского массива. Вариации химизма пород гипербазитовых массивов зоны Передового хребта более всего соответствуют петрологической модели Садберийского массива с его платиноидно-медно-никелевыми месторождениями сульфидного типа.

Ключевые слова: гипербазиты, серпентиниты, платина, палладий, пробирный анализ, ICPспектроскопия, геохимическая аномалия, петрологическая модель.

BACKGROUND AND CHARACTERISTICS OF Pt POTENTIAL ULTRABASIC MASSIFS OF THE NORTH CAUCASUS

S.G. Parada¹

Abstract. The article drew attention to the emergence of a new available method of mass analysis of rocks and ores on the platinum group elements, based on the technology of combining the traditional assay analysis of precious metals in geological samples and rapidly developing method of analysis of solutions by atomic emission spectrometer with inductively coupled plasma (ICP spectrometry), which allows to increase the sensitivity of detection of each of the elements (Pt and Pd) to 0.002 ppm (2 mg/t). With the use of this

НАУКА ЮГА РОССИИ 2017 Том 13 № 1

¹ Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: parada@ssc-ras.ru

С.Г. ПАРАДА

technology, for the first time an attempt was made to define the content of Pt and Pd in indigenous ultrabasites and products of their exogenous destruction at some massifs of the North Caucasus. In all, 538 samples from the largest Bedenski and Malka ultrabasic massifs of the Bechasinsky area and relatively small ultrabasic dikes of the Eastern part of the zone of Foremost range were selected and studied. Established contents of Pt and Pd in indigenous ultrabasites correspond to average contents of these elements in harzburgites of ophiolite complexes. For all that, abnormally elevated values are found in quantity from 4 to 12 % of the sample. The content of Pt and Pd in the products of exogenous destruction of ultrabasites mainly corresponds to their concentrations in the bedrock, which confirms the possibility of using the results of the chemical-analytical definitions of Pt and Pd in the secondary dispersion halos for assessment of Pt potential of indigenous rocks. The most important result of the research, relevant to target prediction of Pt potential of ultrabasic massifs became a chemical-analytical determination in indigenous ultrabasites and products of their exogenous destruction of subcommercial contents of Pt and Pd, as well as the detection under the microscope of particles of native platinum. It was also found that elevated contents of Pt and Pd determined in the bedrock, are reliably reflected in higher contents of these elements in the secondary halos. For all that, the most promising geochemical anomalies are attached to areas of apodunites development. The petrological models of the studied ultrabasites of Eastern part of Foremost ridge and Malka ultrabasic massif zone were constructed, and their comparison with a standard petrological models of platiniferous massifs of the world was carried out. It is shown that the variation of chemical composition of the Malka massif rocks match the data on its stratified nature and give reason to associate the massif with a layered Bushveld Pluton of South Africa. On the basis of this model, we can expect platinum-chromite and platinoid-titanium-magnetite types of possible deposits associated with ultrabasitic Malka massif. The chemical composition variations of ultrabasic massifs rocks of the Foremost range area are the most corresponding to petrological models of the Sudbury massif with its platinoid-copper-Nickel deposits of the sulphide type.

Keywords: ultrabasites, serpentinites, platinum, palladium, assay analysis, ICP spectroscopy, geochemical anomaly, petrologic model.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия сильно расширилось использование металлов платиновой группы (МПГ) в промышленности и цены на них устойчиво возрастают. В связи с этим еще в 90-х гг. прошлого столетия была осуществлена целевая программа «Платина России». К сожалению, территории южного макрорегиона России не вошли в число исследуемых. В рамках работ по программе были выявлены новые типы платинометальной минерализации и открыты новые объекты традиционных геолого-промышленных типов платиноидных месторождений (Федоро-Панское на Кольском полуострове, Гальмоэнамское на Камчатке, Зун-Холба в Бурятии и др.). Проведенные работы резко увеличили количество потенциально платиноносных геологических формаций и значительно расширили круг перспективных площадей [1].

Анализ результатов этих работ показывает, что и Северный Кавказ может представлять собой потенциально платиноносную минерагеническую провинцию, в пределах которой возможно выявление объектов платинометального и платиноидного оруденения, в первую очередь традиционных, связанных с расслоенными массивами основных магматических пород бушвельдского и норильско-талнахского типов [2].

По данным работы [3], на Северном Кавказе имеется не менее 50 массивов гипербазитов. Большинство из них сосредоточено в Бечасынской зоне и в зоне Передового хребта (рис. 1). По данным работы [4], гипербазиты Бечасынской зоны представлены субсогласными пластообразными интрузиями мощностью около 0,5 км. Частично обнаженные Малкинский и Беденский массивы залегают согласно со слоистостью палеозойских осадочных и метаморфических пород. Считается [4], что во вмещающих гипербазиты породах отсутствуют признаки термального воздействия. Сами гипербазиты практически полностью серпентинизированы.

Вторая группа гипербазитов развита в тектонически активной зоне Передового хребта и включает, по данным работ [4; 5], реликты палеозойских офиолитовых покровов и систему более молодых дайковых ассоциаций.

Все эти массивы могут нести платиновое и платиноидное оруденение, так как минералы платиновой группы (МПГ) являются типоморфными минералами гипербазитов. Однако представление об офиолитовой природе гипербазитов Северного Кавказа не способствовало постановке вопроса



Рис. 1. Схема размещения гипербазитовых массивов Северного Кавказа (по [3]). Тектонические зоны: 1 – Бечасынская, 2 – Передового хребта, 3 – Главного Кавказского хребта; 4 – крупные массивы серпентинитов: Даховский (1), Тхачский (2), Маркопиджский (3), Загеданский (4), Кяфарские (5), Тебердинские (6 и 7), Восточной части зоны Передового хребта (8), Беденский (9), Урупский (10), Кубанские и Худесские (11), Малкинский (12); 5 – разломы, прослеженные (а) и предполагаемые по геофизическим данным (б): Срединный (I), Северный (II), Пшекиш-Тырныаузские (III)

Fig. 1. Sketch of placement of the ultrabasite massifs of the North Caucasus by [3]. Tectonic zones: 1 – Bechasynskaya, 2 – Foremost Ridge, 3 – Main Ridge; 4 – large serpentinite massifs: Dakhovskiy (1), Tkhachskiy (2), Markopidzhskiy (3), Zagedanskiy (4), Kiafarskie (5), Teberdinskie (6 and 7), Eastern part of Foremost Ridge zone (8), Bedenskiy (9), Urupskiy (10), Kubanskie and Khudesskie (11) Malkinskiy (12); 5 – faults, traced (a) and supposed by geophysical data (b): Sredinnyi (I), Severnyi (II), Pshekish-Tyrnyauzskie (III)

о перспективах их платиноносности. Широкому исследованию платиноносности гипербазитов Северного Кавказа также препятствовало отсутствие высокочувствительных, достаточно надежных и относительно дешевых массовых методов определения элементов платиновой группы (ЭПГ) в горных породах и рудах. Лишь в последние годы такие методы стали доступны для внедрения в практику геологопоисковых работ, в том числе на Северном Кавказе [6–8]. Кроме того, стали появляться данные, которые не согласуются с офиолитовой природой некоторых обсуждаемых гипербазитовых массивов [9; 10].

МЕТОДИКА

Признаки платиноносности гипербазитовых массивов определяли в ходе полевых работ и химико-аналитических исследований, которые заключались в исследовании коренных обнажений и отборе штуфных проб. В связи с плохой обнаженностью изучали и опробовали также рыхлые отложения – донные осадки по водотокам, дренирующим гипербазитовые массивы, и элювиально-делювиальные отложения по водоразделам и склонам речных долин. Отобранные пробы донных осадков и склоновых отложений высушивали, пропускали через сито 0,5 мм, затем истирали. Штуфные пробы коренных пород перед истиранием дробили до 1,0 мм. Все пробы проанализированы на Pt и Pd в лаборатории ООО «Stewart Geochemical and Assav» (г. Москва) по современной технологии, основанной на совмещении традиционного пробирного анализа благородных металлов в геологических пробах и быстро развивающегося метода анализа растворов на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ІСР-спектрометрия), в соответствии с которым полученный в результате пробирной плавки «королек», содержащий благородные металлы, растворяют в «царской водке»; полученный раствор анализируют на ІСР-спектрометре. В результате чувствительность определения каждого из элементов (Pt и Pd) составила 0,002 г/т Предпосылки платиноносности гипербазитовых массивов оценивали на основе петрологического моделирования и сопоставления полученных данных с эталонными петрологическими моделями платиноносных массивов мира. Для построения петрологических моделей использованы химические анализы пород, приведенные в отчетах о геологическом доизучении площадей масштаба 1 : 200000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе изложенной выше технологии нами впервые проведена оценка платиноносности Беденского и Малкинского гипербазитовых массивов Бечасынской зоны и некоторых гипербазитовых тел восточной части зоны Передового хребта.

Беденский гипербазитовый массив. Среди многочисленных потенциально платиноносных гипербазитовых массивов Северного Кавказа Беденский массив является одним из наиболее изученных в минерагеническом отношении. Массив прорезан долиной р. Большая Лаба на глубину до 200 м. Площадь выхода его на поверхность составляет 6,5 км². На севере он граничит с кристаллической толщей докембрия – нижнего палеозоя, на юге имеет тектонический контакт с вулканогенно-осадочной толщей девона. Западное и восточное его ограничения скрыты под трансгрессивно налегающей толщей терригенных пород юры. В гипербазитах встречаются небольшие жилообразные и гнездообразные тела хромититов. Здесь же отмечаются одиночные жилы поперечно-волокнистого асбеста



Рис. 2. Распределение Pt и Pd в коренных породах и вторичных ореолах рассеяния Беденского серпентинитового массива: 1–3 – фоновые содержания в пробах: 1 – коренных пород, 2 – элювиально-делювиальных отложений, 3 – донных осадков водотоков; 4–6 – аномальные содержания в пробах: 4 – коренных пород, 5 – элювиально-делювиальных отложений, 6 – донных осадков водотоков; 7–8 – субпромышленные содержания (0,1 г/т и более) в пробах: 7 – элювиально-делювиальных отложений, 8 – донных осадков водотоков; 9 – установленные в 2011 г. коренные выходы аподунитов; 10 – контур выхода Беденского серпентинитового массива

Fig. 2. Distribution of Pt and Pd in indigenous rocks and secondary dispersion halos of the Bedenskiy serpentinite massif: 1-3 - background contents in samples: 1 - of indigenous rocks, 2 - eluvial-deluvial deposits, 3 - benthic sediments of water flows; <math>4-6 - anomalous contents in samples: 4 - of indigenous rocks, 5 - eluvial-deluvial deposits, 6 - benthic sediments of water flows; <math>7-8 - subcommercial contents (0.1 g/t and more) in samples: 7 - eluvial-deluvial deposits, 8 - benthic sediments of water flows; <math>9 - determined in 2011 indigenous outcrops of apodunites; 10 - outline of the Bedenskiy serpentinite massif

и кварц-карбонатные жилы с арсенидами никеля. Гипербазитовый массив полностью серпентинизирован. Серпентиниты представлены антигоритовыми, хризотиловыми и переходными разностями. По реликтам первичных структур и минералов (оливин и ромбический пироксен) была установлена их перидотитовая природа [11]. Позже были выявлены аподуниты [2; 12].

Этот массив серпентинизированных гипербазитов давно привлекает внимание исследователей как возможный платиноносный объект. Прямые признаки платиноносности района известны с 1934 г., когда Урупской поисковой партией № 1 в результате валового шлихового опробования в аллювии рек Большая Лаба, Уруп, Власинчиха была обнаружена самородная платина в количестве до 780 мг/м³. Недавно состав минералов платиновой группы из аллювия рек Большая Лаба и Уруп изучен под микроскопом и на рентгеновском микроанализаторе, в результате чего кроме самородной платины в шлихах установлено присутствие других МПГ, в том числе рутениридосмина [13–15]. Однако количественные данные о содержаниях элементов платиновой группы (ЭПГ) в Беденских серпентинитах, необходимые для решения актуальной задачи целевого минерагенического прогнозирования, до сих пор отсутствовали.

Нами впервые определены содержания Pt и Pd в коренных породах и вторичных ореолах рассеяния Беденского массива по указанной выше технологии. Всего отобрано и проанализировано 318 проб. Результаты анализов отображены на рисунке 2. Статистические характеристики Pt и Pd приведены в таблице 1.

В целом по результатам геологических маршрутов и изучения прозрачных шлифов установлено наличие среди апогарцбургитовых серпентинитов ранее не известных малых тел потенциально платиноносных аподунитов. В полевых условиях они практически не отличаются от апогарцбургитовых серпентинитов, но иногда выделяются по специфической для дунитов шаровидноподобной отдельности и охряным корочкам выветривания, а также по наличию вкрапленников, нодулей и прожилков хромшпинелида. Под микроскопом в таких серпентинитах устанавливаются реликты мономинеральной оливиновой породы с примесью пикотита. Именно с такими телами в пределах Бушвельдского комплекса базит-гипербазитовых пород, известными под названием «дунитовые трубки» (Онвервахт, Дрикоп, Мойхук), связаны богатые платиновые руды.

Установленные содержания Pt и Pd в коренных гипербазитах Беденского массива соответствуют средним содержаниям этих элементов в гарцбургитах офиолитовых комплексов [16] (8,7 и 6,0 мг/т соответственно). При этом аномально повышенные значения Pt обнаружены в 4 пробах, что составляет 12,1 % выборки, а Pd – в 3 пробах (7,8 % выборки).

Содержания Pt и Pd в рыхлых отложениях, перекрывающих гипербазиты Беденского массива, имеют значительно больший разброс значений, что связано с наличием в них субпромышленных концентраций Pt и Pd. Поэтому медианные значения в большей степени, чем среднеарифметические, отражают фон Pt и Pd в них. Оказалось, что фоновые (медианные) значения Pt для экзогенных продуктов разрушения серпентинитов в 2 раза ниже, чем для коренных пород. Вероятно, с этим связано и то, что пробы из рыхлых отложений с аномально повышенными содержаниями Pt встречаются реже (9,8 %), чем такие пробы из коренных серпентинитов (12,1 %). Это касается как элювиально-делювиальных отложений, так и донных осадков.

Для Pd картина несколько отличается тем, что фон (медиана) Pd в элювиально-делювиальных отложениях выше, а в донных осадках такой же, как в коренных серпентинитах. В связи с этим количество проб из элювиально-делювиальных отложений с аномально повышенными содержаниями Pd заметно меньше (7,8 %), чем из коренных серпентинитов (9,0 %), а из донных осадков их количество (9,0 %) одинаково с таковым из коренных пород.

Таким образом, приведенный анализ подтверждает возможность использования результатов химико-аналитических определений Pt и Pd во вторичных ореолах рассеяния для оценки платиноносности коренных пород гипербазитовых массивов.

Наиболее важным результатом химико-аналитических исследований, имеющих значение для целевого прогнозирования платиноносности Беденского массива, стало обнаружение в трех подряд пробах элювиально-делювиальных отложений субпромышленных содержаний Pt (от 0,11 до 0,27 г/т) и

Таблица 1. Статистические характеристики Pt и Pd в коренных породах и вторичных ореолах рассеяния Беденского серпентинитового массива

Table 1. Statistical characteristics of Pt and Pd in indigenous rocks and secondary halos of dispersion of the Bedenskiy ultrabasite massif

Основа выборки Sampling frame	Количество проб The number of samples	Содержание элемента в выборке (мг/т) The content of element in sample (mg/t)	Pt	Pd
Коренные породы (серпентиниты) Bedrock (serpentinite)	33	минимальное / minimum	3	<2
		максимальное / maximum	16	14
		среднее / average value	9	4
		медианное / median	9	3
		верхнее аномальное / upper abnormal	14	7
Элювиально-делювиальные отложения Eluvial-diluvial deposits	153	минимальное / minimum	<2	<2
		максимальное / maximum	272	116
		Среднее / average value	10	7
		медианное / median	5	5
		верхнее аномальное / upper abnormal	14	9
Донные отложения водотоков Sediment watercourses	132	минимальное / minimum	<2	<2
		максимальное / maximum	106	16
		среднее / average value	5	4
		медианное / median	4	3
		верхнее аномальное / upper abnormal	9	7



Рис. 3. Геологическая карта обнаженной части Малкинского гипербазитового массива с данными по результатам опробования донных осадков на Pt и Pd: 1 – нижне-среднепалеозойские осадочные породы, 2 – юрские и меловые осадочные породы Северо-Кавказской моноклинали, 3 – границы стратиграфических подразделений юрских и меловых пород, 4 – аполерцолитовые и апогарцбургитовые серпентиниты Малкинского массива, 5 – аподунитовые трубки, 6 – железные руды, 7 – места отбора донных проб и содержания Pt: а – до 10 мг/т, б – свыше 10 мг/т

Fig. 3. Geological map of the exposed part of the Malkinskiy hyperbasite massif with data on results of benthic sediments sampling on Pt and Pd. 1 – Lower-Middle-Paleozoic sedimentary rocks, 2 – Jurassic and Cretaceous sedimentary rocks of the North-Caucasian monocline, 3 – boundaries of stratigraphic subdivisions of Jurassic and Cretaceous rocks, 4 – apolherzolite and apoharzburgite serpentinites of the Malkinskiy massif, 5 – apodunite pipes, 6 – iron ores, 7 – places of benthic sampling and contents of Pt: a – up to 10 mg/t, 6 – over 10 mg/t

Pd (от 0,04 до 0,11 г/т). Эти пробы отражают наиболее перспективную геохимическую аномалию на правобережье балки Медвежья, приуроченную к участку выхода дунита с хромшпинелидовой минерализацией.

Малкинский гипербазитовый массив. Малкинский массив является самым крупным на Северном Кавказе. Площадь выхода около 50 км² (рис. 3). По геофизическим данным, он продолжается далеко на север под юрско-меловые отложения Северо-Кавказской моноклинали. Этот массив, как и Беденский, располагается в Бечасынской зоне. По представлениям из работы [4], Малкинский массив является перемещенным реликтом раннепалеозойской океанической коры и представляет собой бескорневое пластообразное тело мощностью около 0,5 км. Считается, что в зоне контакта следы горячего воздействия на окружающие породы отсутствуют, но присутствуют зоны милонитов [17]. Однако по результатам геологической съемки установлены признаки интрузивного контакта гипербазитов с верхнесилурийскими сланцами [6]. Малкинский массив трансгрессивно перекрыт среднеюрско-нижнемеловым карбонатно-терригенным комплексом Северо-Кавказской моноклинали. С ультраосновными породами массива связаны рудопроявления хрома, с процессами выветривания серпентинитов связаны киммерийские железные руды остаточного и осадочного происхождения.

Оценка возможной платиноносности гипербазитов Малкинского массива выполнена нами по потокам рассеяния Pt и Pd способом опробования донных осадков водотоков. Отбор проб осуществляли из песчано-илистых отложений аллювия через каждые 50 м вдоль русла. Всего отобрано 62 пробы

Ручьи (дренируемые апопороды) Streams (drainage primary rocks)	Количество проб The number of samples	Содержание элемента в выборке (мг/т) The content of element in sample (mg/t)	Pt	Pd
Лахран, Таза-Кол (дуниты, гарцбургиты) Lakhran, Taza-Kol (dunites, harzburgites)	48	минимальное / minimum	<2	<2
		максимальное / maximum	25	10
		среднее / average value	8,2	3
		медианное / median	8	2,6
		верхнее аномальное / upper abnormal	13,8	6,9
Кызыл-Кол и Рхы-Кол (гарцбургиты, железные руды) Kyzyl-Kol and Rhy-Kol (harzburgites, iron ore)	14	минимальное / minimum	<2	<2
		максимальное / maximum	13	2
		среднее / average value	7,0	1,15
		медианное / median	7	1
		верхнее аномальное / upper abnormal	12,3	_

Таблица 2. Статистические характеристики Pt и Pd в потоках рассеяния Малкинского гипербазитового массива **Table 2.** Statistical characteristics of Pt and Pd in the dispersion flows of the Malkinskiy ultrabasite massif

по ручьям Лахран и Таз-Кол, дренирующим аподунитовые трубки, а также Кызыл-Кол и Рхы-Кол, в которых дуниты не установлены. Все пробы проанализированы на содержание Pt и Pd по изложенной выше технологии. Результаты статистической обработки анализов приведены в таблице 2.

Установленные содержания Pt в пробах донных осадков ручьев Лахран и Таза-Кол соответствуют средним содержаниям этого элемента в гарцбургитах офиолитовых комплексов [16] (8,7 мг/т). При этом аномально повышенные значения Pt обнаружены в 6 пробах, что составляет 12,5 % выборки. То же самое отмечается и для проб донных осадков ручьев Кызыл-Кол и Рых-Кол. Здесь среднее содержание Pt (7,0 мг/т) ниже, чем в выборке для ручьев Лахран и Таза-Кол, дренирующих аподунитовые трубки.

Для Pd картина несколько отличается тем, что его средние содержания в донных осадках (3,0 и 1,15 мг/т) крайне низкие. Это может быть связано с изменением соотношения Pt и Pd в коре интенсивного химического выветривания гипербазитов Малкинского массива.

Гипербазиты восточной части зоны Передового хребта. В восточной части зоны Передового хребта расположено Тырныаузское рудное поле с вольфрам-молибденовым, золотым и сурьмяным оруденением. В пределах Северного фланга рудного поля в 2010–2015 гг. силами ООО «Каббалкгеология» (г. Нальчик) проводились поисковые работы на золото. В ходе этих работ были выявлены и опробованы отдельные тела гипербазитов. Они вскрыты во многих горных выработках и представлены дайками, силлами и штоками, хорошо выделяемыми по геофизическим данным [18; 19], несмотря на то, что они часто преобразованы гидротермальными процессами в листвениты и кварц-карбонатные метасоматиты. Области развития гипербазитов в зоне Передового хребта хорошо выделяются по аномально повышенным содержаниям хрома и никеля во вторичных ореолах рассеяния [20]. Всего на Рt и Pd проанализированы 116 дубликатов бороздовых проб, отобранных ранее на золото из серпентинизированных и гидротермально измененных гипербазитов. Результаты приведены в таблицах 3 и 4.

Наиболее высокие содержания платины и палладия получены в бороздовых пробах из поисковой канавы 18, где сумма массы этих элементов превысила 0,1 г/т, что является субпромышленной концентрацией. Таких проб оказалось 4. Учитывая, что для анализа пробы отбирались «через одну», то можно говорить о платиноносном интервале не ме-

Таблица 3. Количество проб с содержанием Pt и Pd в дубликатах бороздовых проб из серпентинитов восточной части зоны Передового хребта

Table 3. Number of samples with contents of Pt and Pd in duplicates of channel samples from serpentinites of the Eastern part of Foremost Ridge

Интервалы содержаний, мг/т The ranges of contents, mg/t	Pt	Pd
<2	24	19
2–4	48	58
5–9	33	24
10–39	12	6
40–103	4	4
Bcero / Total	116	116

Таблица 4. Статистические характеристики Pt и Pd в гипербазитах восточной части зоны Передового хребта

 Table 4.
 Statistical characteristics of Pt and Pd in ultrabasite of the Eastern part of Foremost Ridge

Содержание элемента в выборке (мг/т) The content of element in sample (mg/t)		Pd
Минимальное / Minimum	<2	<2
Максимальное / Maximum		103
Среднее / Average value		6,3
Медианное / Median		3,0
Верхнее аномальное / Upper abnormal		46,2

нее 7 м. Весь этот интервал представлен лиственитами с реликтами менее измененных серпентинизированных гипербазитов темно-серого цвета. С юга и с севера эта дайка контактирует с гидротермально измененными андезитами среднепалеозойского вулканогенного комплекса. Бороздовая проба, отобранная с зоны северного контакта дайки и захватывающая материал гипербазита и андезита, показала отсутствие повышенных содержаний Pd и Pt. Таким образом, именно дайка гипербазитов является платиноносной по всей своей мощности. Отношение Pt / Pd в пробах близко к единице, что соответствует платиноидно-медно-никелевым месторождениям норильско-талнахского и садберийского типов.

При использовании микроскопии видно, что в прозрачных шлифах слагающая дайку порода представляет собой кварц-карбонатную массу с реликтами тальк-серпентиновых агрегатов, включающих редкие зерна хромшпинелида (пикотита) – минерала-спутника платины.

По результатам изучения аншлифов под микроскопом установлены самородная платина, пирит, хромит, хромшпинелиды, оксиды железа. Самород-



Рис. 4. Выделения самородной платины (белое) в дайке лиственитизированного гипербазита из поисковой канавы 18: *a*, *б* – ширина кадра 0,48 мм; *в*, *г* – ширина кадра 0,24 мм

Fig. 4. Excretion of native platinum (light) in the dyke of listvenitized ultrabasite from the search trench: a, δ – frame width 0.48 mm; e, e – frame width 0.24 mm

ная платина встречена в виде гнезд светло-серого цвета с металлическим блеском размером до 1,1 мм по длинной оси и 0,1–0,2 мм по короткой (рис. 4*a*). Форма зерна неправильная, контакты зазубренные, извилистые. Иногда зерна самородной платины приурочены к секущим трещинам по полосчатости лиственита (рис. 4*б*), где они обладают округлой формой, а также представлены в виде весьма редких мелких ($\leq 0,08$ мм) единичных зерен (рис. 4*6*, *г*). Цвет платины в этом случае светло-серый, почти белый, отражательная способность высокая. Контакты с вмещающей породой четкие.

Повышенные содержания Pt и Pd, установленные в коренных породах, надежно отражаются повышенными содержаниями этих элементов во вторичных ореолах рассеяния (рис. 5). Отобранные в районе канавы 18 из элювиально-делювиальных отложений пробы показали также повышенные концентрации Pt и Pd, суммарное содержание которых достигает 0,3 г/т. Пробы с повышенным содержанием Pt и Pd располагаются как раз в районе выхода на поверхность платиноносной дайки лиственитизированных гипербазитов. Пробы, отобранные из элювиально-делювиальных отложений севернее и южнее этой дайки, содержат Pt и Pd в тысячных долях г/т, за исключение 3 проб, в которых содержания Pd несколько повышенные и составляют сотые доли г/т. Эти 3 пробы укладываются в одну линию длиной 250 м северо-восточного простирания, расположенную севернее платиноносной дайки.

Повышенные до сотых долей г/т содержания Pt и Pd отмечаются в пробах из поисковых расчисток 3, 6, 13 и канавы 29. Наибольший интерес представляют данные по расчистке 3, так как она располагается в 300 м юго-восточнее канавы 18 по простиранию платиноносной дайки (рис. 5). Максимальные содержания Pt 0,014 г/т и Pd 0,025 г/т установлены в первой (крайней юго-западной) пробе. В следующей к северо-востоку пробе содержания повышенные, но меньше, чем в первой. Возможно, что участок с более высокими содержаниями платиноидов расположен юго-западнее первой пробы и остался не вскрытым.

Петрологические предпосылки платиноносности гипербазитовых массивов. Таким образом, установлены прямые признаки платиноносности всех изученных гипербазитовых массивов Северного Кавказа. В этом нет ничего удивительного, так как МПГ являются типоморфными породообразующими минералами гипербазитов. Однако не во всех типах гипербазитов они могут достигать промыш-



Рис. 5. Фрагмент геологической карты восточной части зоны Передового хребта с результатами анализа на Pt элювиально-делювиальных отложений: 1–5 – геологические комплексы: 1 – вулканогенный (D₂), 2 – морской терригенный (D₃); 3 – гипербазитовый (PZ₃), 4 – диорит-гранодиоритовый (P-T), 5 – лейкогранитовый (N); 6 – поисковые канавы и расчистки и их номера, 7 – скалистый ледниковый хребет

Fig. 5. Fragment of geological map of the Eastern part of Foremost Ridge with results of analysis on Pt of the alluvial-deluvial deposits: 1-5 – geological complexes: 1 – volcanic (D₂), 2 – marine terrigenous (D₃), 3 – hyperbasite (PZ₃), 4 – diorite-granodioritic (P-T), 5 – leucogranitic (N); 6 – search trenches and strippings and their numbers, 7 – rocky glacial ridge

НАУКА ЮГА РОССИИ 2017 Том 13 № 1



Рис. 6. Петрологическая модель Малкинского гипербазитового массива: I – тренд вниутрикамерного расслоения; II – оливин-пироксеновый тренд; III – пироксенит-габбро-анартозитовый тренд; III^a – дуниты; IV – гранофир-габбро-гарцбургит-титаномагнетитовый тренд; V – хромитовые руды; VI – тренд, характеризующий постмагматические процессы; овалом в «кремниевом углу» обведены точки гипергенной силицификации. Нормативный состав минералов: Px – пироксена, OI – оливина, Mt – магнетита, Chm – хромита, Sp – шпинели, Ne – нефелина, An – анортита, Lc – лейцита, Or – ортоклаза, Ab – альбита, Q – кварца

Fig. 6. Petrological model of the Malkinskiy ultrabasite massif: I – trend of intrachamber stratification; II – olivine-pyroxene trend; III – pyroxenite-gabbro-anorthosite trend; III – dunites; IV – granophyre-gabbro-harzburgite-titanium magnetite trend; V – chromite ores; VI – trend, characterizing postmagmatic processes: points of hypergene silicification are enclosed in an oval in the silicium corner. Normative composition of the minerals: Px – pyroxene, OI – olivine, Mt – magnetite, Chr – chromite, Sp – spinel, Ne – nepheline, An – anorthite, Lc – leucite, Or – orthoclase, AI – albite, Q – quartz

ленных значений. Известно, что платинометальные месторождения магматического генезиса связаны с тремя формационными комплексами [1; 16]: 1) расслоенных массивов основных и ультраосновных магматических пород бушвельдского и норильско-талнахского типов, 2) зональных дунит-клинопироксенитовых массивов уральско-аляскинского типа и 3) метаморфических перидотитов и полосчатых офиолитов. Из них важнейшее экономическое значение имеет группа месторождений, связанных с расслоенными массивами. В платинометальных рудах расслоенных массивов Бушвелда и Норильска заключено более 95 % разведанных мировых запасов МПГ. По своему генезису это ликвационно-метасоматические образования, в которых МПГ могут концентрироваться в ходе магматического расслоения и кристаллизационной дифференциации магмы. Зональные дунит-клинопироксенитовые массивы уральско-аляскинского типа являются источником крупных россыпей, образующихся при их разрушении. Считается, что значительных по запасам коренных месторождений они не содержат. Известны лишь небольшие коренные рудопроявления платины в дунитах Нижне-Тагильского и Кондерского массивов. Тем не менее опыт работы автора в пределах Кондерского массива (Дальний Восток) показал возможность обнаружения в них крупных месторождений платины [21].

С офиолитовыми массивами пространственно и генетически связаны небольшие месторождения, главным образом иридосмина и осмирида на Урале, в Южно-Африканской Республике, на северо-востоке России, на Камчатке, на о. Хоккайдо и др. С офиолитовыми массивами также ассоциируют мелкие осмиево-иридиевые россыпи Урала и Сибири.

Для каждого из типов платинометальных месторождений, связанных с перечисленными выше формационными комплексами, разработаны петрологические модели [1; 22]. Они позволяют выявить петрогенетические тренды, характеризующие конкретные природные процессы формирования базит-гипербазитовых массивов или их частей, характер и направленность ликвационной и кристаллизационной дифференциации и определить значимость выявленных трендов как критериев потенциальной рудоносности.

Нами построены петрологические модели изученных гипербазитов восточной части зоны Передового хребта и Малкинского массива и проведено их сопоставление с эталонными петрологическими моделями платиноносных массивов мира, представленных в работах [1; 22]. Для построения петрологических моделей химические анализы пород персчитаны на соответствующие показатели, которые нанесены в виде точек на треугольные диаграммы (рис. 6, 7).

Сравнительный анализ нанесенных на диаграммы точек составов пород Малкинского массива (рис. 6) показывает, что все вариации их химизма укладываются в 4 тренда, два из которых характеризуют магматическую дифференциацию, отличаясь полярной ассоциацией фемафилов и элементов группы кремнезема, калия, натрия, алюминия, а также рудообразующих элементов. Размещение фигуративных точек составов пород Малкинского массива вдоль оливин-пироксенового, пироксен-анортитового, гранофир-габбро-титаномагнетитово-



Рис. 7. Петрологическая модель гипербазитов восточной части Передового хребта: І – пироксенит-анортозитовый тренд; ІІ – оливинит-габбро-гранофировый тренд; ІІІ – гранофир-габбровый тренд дифференциации Бушвельдского массива. Остальные условные обозначения см. на рис. 6

Fig. 7. Petrological model of ultrabasites of Eastern part of the Foremost Ridge: I – pyroxenite-anorthosite trend; II – olivinite-gabbro-granophyre trend; III – granophyre-gabbro differentiation trend of the Bushveld massif. The rest of legend see Fig. 6

го трендов и тренда отщепления рудных магм хромитового состава дает основание сопоставлять рассматриваемый массив с Бушвельдским плутоном Южной Африки, с которым связаны крупнейшие платиновые месторождения мира. Исходя из этой модели, можно ожидать платино-хромитовый и платиноидно-титано-магнетитовый типы возможных месторождений платины, связанных с гипербазитами Малкинского массива.

Что касается характера распределения фигуративных точек гипербазитовых массивов зоны Передового хребта (рис. 7), то положение их резко отличается от таковых для подобных пород Малкинского массива и более всего напоминает петрологическую модель Садберийского массива с его платиноидно-медно-никелевыми месторождениями сульфидного типа, для которых характерно преобладание Pd над Pt, что не противоречит полученным нами данным о соотношении этих элементов в гипербазитах восточной части Передового хребта.

Приведенные результаты петрологического моделирования указывают на магматическую природу всех изученных нами гипербазитовых массивов. В тектонически активной зоне Передового хребта они, скорее всего, являются фрагментами одного или нескольких крупных расслоенных массивов. Их расслоенная природа обоснована в работе В.С. Исаева и Т.А. Бабенко [9] с помощью специального комплекса полевых геологических, петрографических и геохимических исследований.

Расслоенная природа Малкинского массива обоснована нами по результатам оцифровки и переинтерпретации аналоговой аэромагнитной съемки, дистанционных спутниковых данных, петрографических и геохимических исследований [10; 23–25]. В результате выявлены и закартированы четыре типа слагающих его апопород: лерцолиты, гарцбургиты, железистые гарцбургиты и дуниты, – а также тела габброидов.

Установлено, что выделенные разности апопород имеют определенную закономерность в своем относительном расположении. Так, выходы аполерцолитов обнаружены только на самом крайнем юге распространения обнаженной части массива по ручьям Гедмыш и Мозекей. Оба выхода ограничены по площади, что связано с их позицией в русловых врезах рек. По геофизическим данным, видимые фрагменты лерцолитов объединяются и залегают по периферии массива, образуя дугообразное в плане тело, западная часть которого срезана надвигом. Большая часть видимой области массива представлена апогарцбургитами. При картировании и построении геологических разрезов с учетом рельефа земной поверхности оказалось, что апогарцбургиты подстилаются аполерцолитами, что доказывает расслоенную природу массива. Железистые апогарцбургиты выделяются повышенными значениями интенсивности магнитного поля. Они отмечены в виде обширных пятен неправильной формы, преимущественно по левобережью р. Малки, а также слагают самое крупное удлиненное тело в лежачем боку пограничного надвига на западной оконечности массива. Железистые апогарцбургиты отмечены и на правом берегу р. Малки, и даже в истоках р. Гедмыш на юге. Переход между нормальными и железистыми апогарцбургитами постепенный, происходящий на расстоянии до 100 и более метров. В целом пространственное положение железистых апогарцбургитов связано прежде всего с их гипсометрически более высокой позицией в расслоенной структуре массива.

Аподуниты достаточно надежно выделяются по комплексу признаков при дистанционном изучении площади. Выходам аподунитов соответствуют локальные положительные магнитные аномалии и дуговые и кольцевые разломы малого радиуса. Все выделенные по этим признакам аподунитовые тела были подтверждены при наземных геологических исследованиях и петрографическими данными. Они залегают среди апогарцбургитов, обладают почти круглой или слегка вытянутой в плане формой и крутыми границами. Контакты аподунитов с вмещающими породами имеют интрузивный характер. Таким образом, можно говорить о штоках аподунитов. Если же учесть крайне малую площадь выходов, то эти тела можно называть трубками, что более принято в петрологии ультраосновных пород и что подчеркивает их эксплозивный характер. Следует отметить, что аподунитовые трубки приурочены к центральной зоне видимой части массива. Однако масштабы этой центральной зоны оценить не представляется возможным, так как далее на север массив перекрыт юрско-меловыми отложениями Северо-Кавказской моноклинали.

Закартированные тела габброидов секут ультраосновные породы. Наиболее крупное из них выявлено в приустьевой части р. Улу-Тазы-Кол. Оно приурочено к контакту нормальных и железистых апогарцбургитов.

Таким образом, закономерное распределение апопород в пределах Малкинского массива отражает первичную магматическую расслоенность, свойственную максимально продуктивным на МПГ базит-гипербазитовым комплексам, что соответствует результатам петрологического моделирования и химико-аналитического определения содержаний Pt и Pd в гипербазитах и продуктах их экзогенного разрушения.

выводы

1. Установлены прямые признаки платиноносности гипербазитовых массивов Северного Кавказа. Это стало возможным в результате применения высокочувствительного инновационного метода определения содержаний элементов платиновой группы в коренных породах и продуктах их экзогенного разрушения. Метод основан на объединении технологий пробирной плавки и ICP-спектроскопии. В результате выявлены аномально повышенные содержания Pt и Pd, в том числе до субпромышленных концентраций. При исследованиях таких гипербазитов с помощью микроскопии обнаружены минералы платины.

2. Показано, что содержания Pt и Pd в продуктах экзогенного разрушения гипербазитов в основном отражают их концентрации в коренных породах, что подтверждает возможность использования результатов геохимических поисков Pt и Pd по вторичным ореолам рассеяния для оценки платиноносности гипербазитовых массивов.

3. Основными предпосылками платиноносности гипербазитовых массивов Северного Кавказа являются состав апопород, признаки первичномагматической расслоенности и характер трендов петрохимической дифференциации. При этом состав апопород и признаки расслоенности выявлены нами ранее для Малкинского массива по геолого-геофизическим и петрографическим данным. Характер трендов петрохимической дифференциации установлен путем петрологического моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Додин Д.А., Чернышев Н.М., Яцкевич Б.А., Глухоедов Н.В., Дюжиков О.А., Оганесян Л.В., Тарасов В.Н., Филько А.С., Лабутин А.Н., Митрофанов Г.Л., Седых Ю.Н. 1995. Состояние и проблемы развития минерально-сырьевой базы платиновых металлов (Результаты и направления исследований по программе «Платина России»). В кн.: Платина России. Т. II, Книга 1. М., Геоинформмарк: 7–48.
- Парада С.Г. 2009. О платиноносности Северного Кавказа. В кн.: Проблемы геологии, планетологии, геоэкологии и рационального природопользования: материалы VII международной научно-практической конференции (Новочеркасск, 1 декабря 2009 г.). Новочеркасск, Центр оперативной полиграфии ЮРГТУ: 10–13.
- Михеев Г.А., Потапенко Ю.Я. 1973. О возрасте альпинотипных гипербазитов Северного Кавказа. Советская геология. 1: 131–137.
- 4. Скрипченко Н.С., Пруцкий Н.И. 2002. Генезис окраинных бассейнов с активной терригенной седиментацией (на примере альпийских бассейнов кавказской группы). Новочеркасск, Южно-Российский государственный технический университет: 174 с.
- Хаин В.Е. 1979. Офиолиты и покровная структура Передового хребта Северного Кавказа. *Геотектоника*. 4: 63–81.
- Маркин М.Ю. 2011. Предпосылки и признаки платиноносности Малкинского гипербазитового массива. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 3: 74–77.
- Парада С.Г., Столяров В.В. 2013. Минералогические и геохимические признаки платиноносности северного фланга Тырныаузского W – Мо месторождения (Кабардино-Балкарская Республика). В кн.: Геология и полезные ископаемые Кольского региона. Труды Х Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвященной 150-летию со дня рождения акад. В.И. Вернадского (Апатиты, 7–10 апреля 2013 г.). Апатиты, К & М: 169–172.
- Парада С.Г., Маркин М.Ю., Столяров В.В., Шишкалов И.Ю. 2014. Первые химико-аналитические данные о платино-

НАУКА ЮГА РОССИИ 2017 Том 13 № 1

4. Характер трендов петрохимической дифференциации в петрологической модели Малкинского массива более всего сопоставим с таковыми в петрологической модели Бушвельдского расслоенного плутона Южной Африки. Это, в совокупности с геолого-геофизическими данными о его расслоенной природе и полученными нами химико-аналитическими данными о концентрациях Pt и Pd, дает основание ожидать платино-хромитовый и платиноидно-титано-магнетитовый типы возможных месторождений. Петрологическая модель гипербазитовых массивов зоны Передового хребта более всего соответствуют петрологической модели Садберийского массива с его платиноидно-медно-никелевыми месторождениями сульфидного типа.

носности Беденского серпентинитового массива (Карачаево-Черкесская Республика). Доклады Академии наук. 454(5): 567–569. doi: 10.7868/S086956521405020X

- Исаев В.С., Бабенко Т.А. 2015. О происхождении пород габбро-пироксенитового комплекса рудного поля месторождения Тырныауз (Северный Кавказ). URL: http://kadastr.org/conf/2015/pub/geolog/proish-porod-gabbro-perexenit-kompleksa-tyrnyauz.htm (дата обращения: 3.10.2016).
- Маркин М.Ю., Парада С.Г., Шишкалов И.Ю. 2016. Состав и строение Малкинского серпентинитового массива по результатам переинтерпретации аэромагнитных данных (Кабардино-Балкарская Республика). Геология и геофизика Юга России. 3: 98–110.
- Плошко В.В. 1986. Гипербазиты Карпатско-Крымско-Кавказской складчатой системы. Киев, Наукова думка: 192 с.
- Парада С.Г. 2009. Предпосылки и признаки платиноносности Северного Кавказа. В кн.: Материалы научно-практической конференции «Состояние минерально-сырьевой базы Юга России и перспективы ее развития» (Ростов-на-Дону, 21–22 мая 2009). Новочеркасск, НОК: 83–86.
- Богуш И.А., Рябов Г.В., Кафтанатий А.Б. 2010. Минералы платиновой группы в аллювии бассейна рек Уруп – Большая Лаба (Северный Кавказ). Доклады Академии наук. 435(3): 357–360.
- Богуш И.А., Рябов Г.В. 2011. Благородные металлы в россыпях бассейна рек Уруп – Большая Лаба (Северный Кавказ). Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 3: 94–97.
- 15. Богуш И.А., Черкашин В.И., Рябов Г.В., Абдуллаев М.Ш. 2016. Новый тип оруденения благородных металлов на Северном Кавказе. Доклады Академии наук. 466(2): 193–195. doi: 10.7868/S0869565216020195
- 16. Лазаренков В.Г., Таловина И.В. 2001. Геохимия элементов платиновой группы. СПб., Галарт: 266 с.
- Казанцева Т.Т. 2012. Гипербазиты в структурной геологии палеозоя транскавказской меридиональной зоны. Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. 18: 52–66.
- 18. Емкужев А.С., Парада С.Г., Столяров В.В., Тарасов В.А.

2013. Опыт применения крупномасштабной магнитной съемки при поисках золотого оруденения в восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская Республика). *Геология и геофизика Юга России.* 3: 3–19.

- Тарасов В.А., Емкужев М.С., Парада С.Г., Столяров В.В. 2015. Геофизические методы при поисках золоторудной минерализации на флангах Тырныаузского рудного узла. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 1: 109–117.
- 20. Парада С.Г., Столяров В.В., Маркин М.Ю., Шишкалов И.Ю. 2014. Проявление потенциально платиноносных гипербазитов в геохимических аномалиях Ni, Cr и Co на примере восточной части Передового хребта (Кабардино-Балкарская Республика). Геология и геофизика Юга России. 2: 42–53.
- 21. Парада С.Г., Маркин М.Ю., Шишкалов И.Ю. 2009. Особенности размещения хромшпинелидовой минерализации в пределах Кондерского массива и новый подход к поискам платины в дунитах. В кн.: Всероссийская конференция «Чтения памяти академика К.В. Симакова» (Магадан, 25–27 ноября 2009 г.). Магадан, СВКНИИ ДВО РАН: 132–136.
- 22. Безмен Н.И. 1992. Жидкостная дифференциация флюидных расплавов и магматогенное оруденение. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: 46 с.
- 23. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. 2010. Выбор рудоперспективных площадей по результатам дистанционной флюидоиндексации как фактор рационального недропользования в условиях горных территорий. *Устойчивое развитие горных территорий*. 3: 57–62.
- 24. Парада С.Г., Зеленщиков Г.В., Давыденко Д.Б. 2011. Опыт применения дистанционной флюидоиндексации для поиска руд благородных металлов и их спутников на юге России. Руды и металлы. 3–4: 134–136.
- 25. Матишов Г.Г., Парада С.Г., Давыденко Д.Б. 2011. Технологии прогнозирования залежей углеводородов и минеральных месторождений будущей России (на примере южного региона). *Геология и геофизика Юга России*. 1: 20–31.

REFERENCES

- Dodin D.A., Chernyshev N.M., Yatskevich B.A., Glukhoedov N.V., Dyuzhikov O.A., Oganesyan L.V., Tarasov V.N., Fil'ko A.S., Labutin A.N., Mitrofanov G.L., Sedykh Yu.N. 1995. [Condition and problems of development of the mineral raw material base of platinum metals (results and directions of research by the program "Platinum of Russia"]. In: *Platina Rossii.* [*Platinum of Russia*]. Vol. II. Book 1. Moscow, Geoinformmark: 7–48. (In Russian).
- Parada S.G. 2009. [About platinum capacity of the Northern Caucasus]. In: Problemy geologii, planetologii, geoekologii i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy VII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. [Problems of geology, planetology, geoecology and rational nature using: materials of the VII International scientific-practical conference (Novocherkassk, Russia, 1 December 2009)]. Novocherkassk, Quick Printing Center of South-Russian State Technical University: 10–13. (In Russian).
- Mikheev G.A., Potapenko Yu.Ya. 1973. [About age of alpinotype hyperbasites of the Northern Caucasus]. *Sovetskaya* geologiya. 1: 131–137. (In Russian).

- 4. Skripchenko N.S., Prutskiy N.I. 2002. Genezis okrainnykh basseynov s aktivnoy terrigennoy sedimentatsiey (na primere al'piyskikh basseynov kavkazskoy gruppy). [Genesis of marginal basins with active terrigenous sedimentation (on the example of alpine basins of the Caucasian group)]. Novocherkassk, South-Russian State Technical University: 174 p. (In Russian).
- Khain V.Ye. 1979. [Ofiolites and nappe structure of the Foremost Ridge of Northern Caucasus]. *Geotektonika*. 4: 63–81. (In Russian).
- 6. Markin M.Yu. 2011. [Background and Signs of the Platinum Capacity of Malka Ultramafic Massif]. *Izvestiya* vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Yestestvennye nauki. 3: 74–77. (In Russian).
- 7. Parada S.G., Stolyarov V.V. 2013. [Mineralogical and geochemical indications of platinum capacity of Northern flank of the Tyrny-Auz W-Mo deposit (Kabardino-Balkarian Republic)]. In: Geologiya i poleznye iskopaemye Kol'skogo regiona. Trudy X Vserossiyskoy (s mezhdunarodnym uchastiem) Fersmanovskoy nauchnoy sessii, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya akad. V.I. Vernadskogo. [Geology and mineral resources of the Kola Region. Proceedings of X All-Russian (with international participation) Fersman's scientific session devoted to the 150th anniversary of acad. V.I. Vernadsky (Apatity, Russia, 7–10 April 2013)]. Apatity, K & M: 169–172. (In Russian).
- Parada S.G., Markin M.Yu., Stolyarov V.V., Shishkalov I.Yu. 2014. The first chemical-analytical data on the platinumbearing potential of the Beden serpentinite massif, Karachai-Cherkesiya. *Doklady Earth Sciences*. 454(2): 128–130. doi: 10.1134/S1028334X14020147
- Isaev V.S., Babenko T.A. 2015. [On the origin of rocks of the gabbro-pyroxenite complex of the ore field of Tyrny-Auz deposit (Northern Caucasus)]. Available at: http://kadastr. org/conf/2015/pub/geolog/proish-porod-gabbro-perexenitkompleksa-tyrnyauz.htm (accessed 3 October 2016). (In Russian).
- Markin M.Yu., Parada S.G., Shishkalov I.Yu. 2016. [The composition and structure of Malkin Ultrabasite Array according to the results of re-interpretation of aeromagnetic data (Kabardino-Balkar Republic)]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii*. 3: 98–110. (In Russian).
- Ploshko V.V. 1986. Giperbazity Karpatsko-Krymsko-Kavkazskoy skladchatoy sistemy. [Hyperbasites of the Carpatian-Crimean-Caucasian folded system]. Kiev, Naukova dumka: 192 p. (In Russian).
- 12. Parada S.G. 2009. [Preconditions and indications of platinum capacity of the Northern Caucasus]. In: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sostoyanie mineral'no-syr'evoy bazy Yuga Rossii i perspektivy ee razvitiya". [Materials of scientific-practical conference "Condition of mineral raw material base of Russian South and prospects of its development" (Rostov-on-Don, Russia, 21–22 May 2009)]. Novocherkassk, NOK: 83–86. (In Russian).
- Bogush I.A., Ryabov G.V., Kaftanatii A.B. 2010. The platinum group minerals in alluvial deposits of the basin of the Urup and Bols'shaya Laba rivers (North Caucasus). *Doklady Earth Sciences*. 435(1): 1427–1430. doi: 10.1134/ S1028334X10110048

НАУКА ЮГА РОССИИ 2017 Том 13 № 1

- Bogush I.A., Ryabov G.V. 2011. [Precious metals in scatterings pool of river Urup-Big Laba (North Kavkaz)]. *Izvestiya vysshikh* uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Technicheskie nauki. 3: 94–97. (In Russian).
- Bogush I.A., Cherkashin V.I., Ryabov G.V., Abdullayev M.Sh. 2016. A new type of noble metal mineralization in the Northern Caucasus. *Doklady Earth Sciences*. 466(1): 11–13. doi: 10.1134/S1028334X16010104
- Lazarenkov V.G., Talovina I.V. 2001. Geokhimiya elementov platinovoy gruppy. [Geochemistry of elements of the Platinum group]. St. Petersburg, Galart: 266 p. (In Russian).
- Kazantseva T.T. 2012. [Ultrabasites in the structural geology of Paleozoic of the Transcaucasian meridional zone]. *Geologiya*. *Izvestiya Otdeleniya nauk o zemle i prirodnykh resursov AN RB*. 18: 52–66. (In Russian).
- Emkuzhev A.S., Parada S.G., Stoliarov V.V., Tarasov V.A. 2013. [Experience of large-scale magnetic survey use in search of gold mineralization in the eastern part of the Front Range (Kabardino-Balkar Republic)]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii.* 3: 3–19. (In Russian).
- Tarasov V.A., Emkuzhev A.S., Parada S.G., Stolarov V.V. 2015. [Geophysical methods in exploration of gold-bearing mineralization within the flanks of the Tyrnyauz Ore Cluster]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya.* 1: 109–117. (In Russian).
- Parada S.G., Stoliarov V.V., Markin M.Yu., Shishkalov I.Yu. 2014. [Manifestation of potentially platinum-containing ultrabasites in the geochemical anomalies of Ni, Cr and Co based on the example of the Eastern part of Front Range

(Kabardino-Balkarskaya Republic)]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii*. 2: 42–53. (In Russian).

- 21. Parada S.G., Markin M.Yu., Shishkalov I.Yu. 2009. [Placement peculiarities of the chrome-spinellid mineralization in the limits of the Konder mass and a new approach to the search of platinum in dunites]. In: Vserossiyskaya konferentsiya "Chteniya pamyati akademika K.V. Simakova". [All-Russian conference "Readings in memory of Academician K.V. Simakov" (Magadan, Russia, 25–27 November 2009)]. Magadan, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of Far East Branch Russian Academy of Sciences: 132–136. (In Russian).
- 22. Bezmen N.I. 1992. Zhidkostnaya differentsiatsiya flyuidnykh rasplavov i magmatogennoe orudenenie. [Liquid differentiation of fluid fuses and magmatogenous mineralization. SciD Abstract]. Moscow: 46 p. (In Russian).
- Matishov G.G., Parada S.G., Davydenko D.B. 2010. [Selection of the ore-prospective areas by results of remote fluideindexation as a factor of rational usage of mineral resources]. Ustoychivoe razvitie gornykh territoriy. 3: 57–62. (In Russian).
- Parada S.G., Zelenshchikov G.V., Davydenko D.B. 2011. [An experience of using remote fluide-indexation for the search of noble metals ores and their satellites at the Russian South]. *Rudy i metally*. 3–4: 134–135. (In Russian).
- 25. Matishov G.G., Parada S.G., Davydenko D.B. 2011. [The Technologies of Forecasting Carbohydrate Fields and Mineral Deposits of the Future Russia (on example of the Southern Region)]. *Geologiya i geofizika Yuga Rossii*. 1: 20–31. (In Russian).

Поступила 10.05.2016