
ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 549.27:549.283 (470.6)

DOI: [10.46698/VNC.2022.77.74.006](https://doi.org/10.46698/VNC.2022.77.74.006)

Оригинальная статья

Перспективы рудоносности лиственитов
Северного Кавказа (Приэльбрусье)И. А. Богуш¹, Г. В. Рябов¹, И. И. Сендецкий², В. И. Черкашин³

¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова, Россия, 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, e-mail: georg.riabov@yandex.ru, i_bogush@mail.ru;

²Южное территориальное отделение ФГКУ «Росгеолэкспертиза», 344111, г. Ростов-на-Дону, пр-т 40-летия Победы, д. 330;

³Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра Российской Академии наук, Россия, 367030, Республика Дагестан, Махачкала, ул. Ярагского, д. 75, e-mail: dangeo@mail.ru

Статья поступила: 14.06.2022, доработана: 12.07.2022, принята к публикации: 21.07.2022

Резюме: Актуальность работы. Альпинотипные ультрабазиты Северного Кавказа отнесены к региональным продуцентам благородных металлов (Au, Pt, Pd, Os, Ir, Ru, Rh). Продукты разрушения и переработки ультрабазитов (черные сланцы, коры выветривания, базальные горизонты, россыпи) часто содержат аномальные субпромышленные концентрации этих металлов. К дериватам ультрабазитов отнесены приконтактные метасоматиты, представленные лиственитами, талькитами, тальк-карбонатными амфибол-хлорит-карбонатными, кварц-карбонатными, анхикварцевыми и анхикарбонатными породами. Ультрабазитовые дериваты аномально обогащены благородными металлами (Au, Pt, Pd), в ряде случаев представляющими промышленный интерес. Одним из таких ярких представителей дериватов являются листвениты, которые до настоящего времени практически детально не изучены на предмет содержания благородных металлов. **Цель работы.** В основу работ положены исследования лиственитов в рамках изучения металлогении благородных металлов Северного Кавказа с целью определения их пространственной и генетической связи с ультрабазитами, которые локализуются в зоне контакта соприкасающихся рудных полей крупного медноколчеданного Худесского и золоторудного Чучурского месторождений. **Методы исследования.** Проведен исторический обзор литературных данных на предмет генетического родства и тесной связи лиственитов с ультрабазитами Северного Кавказа, исходно содержащими благородные металлы (Au, Pt, Pd). Результаты исследования базируются на основе изучения существующего каменного материала на предмет определения их состава, геохимическим особенностям и их потенциальной рудоносности. **Результаты работ.** Изучены ореольные листвениты, как наиболее близкие дериваты переработки ультрабазитов, содержащие золото, но совершенно не исследованные на металлы платиновой группы. Непосредственно с 1985 года исследуется поле чучурских лиственитов Северного Приэльбрусья, примыкающее к крупному эндогенному Чучурскому месторождению благородных металлов. Выделены геологические, минеральные и геохимические особенности лиственитов. Особое внимание обращено на проявления золота в лиственитах, геохимию и минералогию в сравнении с золотоносными телами андезито-дацитовых пермских вулканитов Чучурского месторождения. Делается вывод о перспективах комплекса благородных металлов в лиственитах, аналогичного металлам Чучурского месторождения. Впервые для Северного Кавказа рассматривается благороднометалльная (Au, Pt, Pd) рудоносность лиственитов.

Ключевые слова: Северный Кавказ, металлогения, альпинотипные ультрабазиты, листвениты, благородные металлы, предпосылки рудоносности.

Для цитирования: Богуш И.А., Рябов Г.В., Сендецкий И.И., Черкашин В.И. Перспективы рудоносности листовенитов Северного Кавказа (Приэльбрусье). *Геология и геофизика Юга России*. 2022. 12 (3): 94-106. DOI: 10.46698/VNC. 2022.77.74.006.

GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION
OF SOLID MINERALS, MINERAGENCY

DOI: [10.46698/VNC. 2022.77.74.006](https://doi.org/10.46698/VNC. 2022.77.74.006)

Original paper

Prospects for the ore content of listvenites in the North Caucasus (the Elbrus region)

I. A. Bogush ¹, G. V. Ryabov ¹, I. I. Sendetskiy ², V. I. Cherkashin ³

¹Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
132 Prosveshcheniya, Novocherkassk 346428, Russian Federation,
e-mail: georg. riabov@yandex. ru, i_bogush@mail. ru;

²South local branch of FSPE "Rosgeolekspertiza", 33040th anniversary of Victory Avenue,
Rostov-on-Don 344111, Russian Federation;

³Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, RAS, 75 Yaragskiy Str., Makhachkala
367010, Republic of Dagestan, Russian Federation, e-mail: dangeo@mail. ru

Received: 14.06.2022, revised: 12.07.2022, accepted: 21.07.2022

Abstract: Relevance. Alpine-type ultrabasites of the North Caucasus are classified as regional producers of noble metals (Au, Pt, Pd, Os, Ir, Ru, Rh). Products of destruction and processing of ultrabasites (black shales, weathering crusts, basal levels, placers) often contain anomalous sub-commercial concentrations of these metals. Near-contact metasomatites, represented by listvenites, talcites, talc-carbonate amphibole-chlorite-carbonate, quartz-carbonate, anchiquartz and anchicarbonate rocks, are classified as ultrabasite derivatives. Ultrabasite derivatives are anomalously enriched in noble metals (Au, Pt, Pd), which in some cases are of industrial interest. One of such brightest representatives of derivatives are listvenites, which practically have not been studied in detail for the content of noble metals by now. **Aim.** The work is based on the study of listvenites in the framework of the study of the metallogeny of the noble metals of the North Caucasus in order to determine their spatial and genetic relationship with ultrabasites, which are localized in the contact zone of ore fields of the large copper-pyrite Khudessky and gold-bearing Chuchkursky deposits. **Methods.** A historical review of the literature data on the genetic relationship and close relationship of listvenites with the ultrabasites of the North Caucasus, which initially contain noble metals (Au, Pt, Pd), has been carried out. The results of the research are based on the study of existing rock material in order to determine their composition, geochemical features and their potential ore content. **Results.** Aureole listvenites have been studied as the closest derivatives of ultrabasite processing, containing gold, but they are completely unexplored for platinum group metals. The field of Chuchkursky listvenites of the Northern Elbrus region, adjacent to the large endogenous Chuchkursky deposit of noble metals, has been explored since 1985. Geological, mineral and geochemical features of listvenites are distinguished. Particular attention is paid to the gold prospect in listvenites, geochemistry and mineralogy in comparison with the gold-bearing bodies of andesite-dacitic Permian volcanic rocks of the Chuchkursky deposit. A conclusion is made about the prospects of a complex of noble metals in listvenites, similar to the metals of the Chuchkursky deposit. For the first time for the North Caucasus, the ore content of listvenites with noble metals is considered.

Keywords: North Caucasus, metallogeny, alpine-type ultrabasites, listvenites, noble metals, prerequisites for ore potential.

For citation: Bogush I. A., Ryabov G. V., Sendetskiy I. I., Cherkashin V. I. Prospects for the ore content of listvenites in the North Caucasus (the Elbrus region). *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2022. 12 (3): 94-106. DOI: 10.46698/VNC. 2022.77.74.006.

Введение Постановка проблемы

На Северном Кавказе альпинотипным ультрабазитам принадлежит ведущая роль в продуцировании благородных металлов [Богущ и др., 2021; Гончаров и др., 2005; Михеев, 2011; Парада и др., 2011, 2014; Попов и др., 2021], в настоящее время завоевывающих приоритетное положение в металлогении региона. Ранее авторами было показано, что практический интерес в области благородных металлов представляют продукты разрушения и гидротермальной переработки ультрабазитов, в частности, толщи рудоносных черных сланцев палеозоя [Гончаров и др., 2005]. Алло- и автометасоматические преобразования гипербазитов повсеместно сопровождают их тела и, как правило, локализуются в специфических зонах метасоматитов и гидротермалитов. Эти зоны локализуются в виде внешних ореолов вокруг ультрабазитовых массивов, часто представленных тектоническими экзоконтактами [Михеев, Потапенко, 1973; Плошко, 1986; Соболев, 1952; Снежко, 1985], наряду с хромитом и асбестом. Ореольные метасоматиты ультрабазитов, по предложению В. В. Плошко [Плошко, 1986], рассматриваются под названием «полиметасоматоз». Метасоматитами ультрабазитов и их связью с рудной минерализацией зарубежные исследователи активно занимаются с 1980-1990-х годов [Bach et al., 2006; Beziat et al, 1998; Halls et al, 1991; Halls et al, 1995; Grieco, Merlini, 2012; Kimball, 1990]. Продукты полиметасоматоза ультрабазитов Северного Кавказа практически не исследованы, а рудоносность их не оценена. В металлогении Северного Кавказа рудные металлы, генетически связанные с ультрабазитами, представлены осадочными и остаточными железными рудами (Малкинский массив), марганцем, хромом, кобальтом, никелем и благородными металлами [Михеев, Потапенко, 1973; Соболев, 1952]. Метасоматическими процессами образованы гидротермально осветленные серпентиниты – «белые осыпища» Беденского массива – Лебединское (Беденское) месторождение хризотил-асбеста [Татаринов, 1935].

Мотивами для исследования лиственитов и серпентинитов в рамках металлогении благородных металлов Северного Кавказа послужили следующие геологические предпосылки и факты:

- пространственная и генетическая связь серпентинитов и лиственитов, при установленной рудообразующей функции альпинотипных ультрабазитов для благородных металлов [Плошко, 1986];
- благороднометалльная (Au, Pt, Pd) рудоносность продуктов разрушения и гидротермальной переработки ультрабазитов [Черницин, Прокуронов, 1977];
- золотоносность лиственитов, при полном отсутствии анализов на металлы МПП [Богущ и др., 1999, 2021];
- локализация лиственитов в продуктивной толще черных сланцев девона Северного Кавказа [Гончаров и др., 2005];
- приуроченность лиственитов к дорудоносным тектоническим структурам продуктивной киньрачадской свиты Чучкурского месторождения благородных металлов [Сендецкий, 1997];

- локализация лиственитов исключительно в металлоносных черносланцевых толщах девона [Богуш и др., 1999; Гончаров и др., 2005];
- тесная ассоциация лиственитов с рудными черными сланцами Чучкурского месторождения [Богуш и др., 1999].

Объекты исследования

Дериваты альпинотипных ультрабазитов Северного Кавказа – это листвениты. Объектом исследования явился участок лиственитов северо-восточного фланга Чучкурского золоторудного месторождения, ассоциирующих с группой «худесских» серпентинитов Северного Приэльбрусья (рис. 1). В металлогеническом отношении листвениты пространственно локализуются в зоне контакта соприкасающихся рудных полей крупного медноколчеданного Худесского месторождения (возраст D_2) и золоторудного Чучкурского месторождения (P_1). Оба месторождения залегают в толще офиолитовой формации палеозоя металлогенической зоны Передового хребта в зоне влияния Северного разлома глубинной Тырныауз-Пшекишской шовной зоны [Снежко, 1985; Черницин, Прокуронов, 1977].

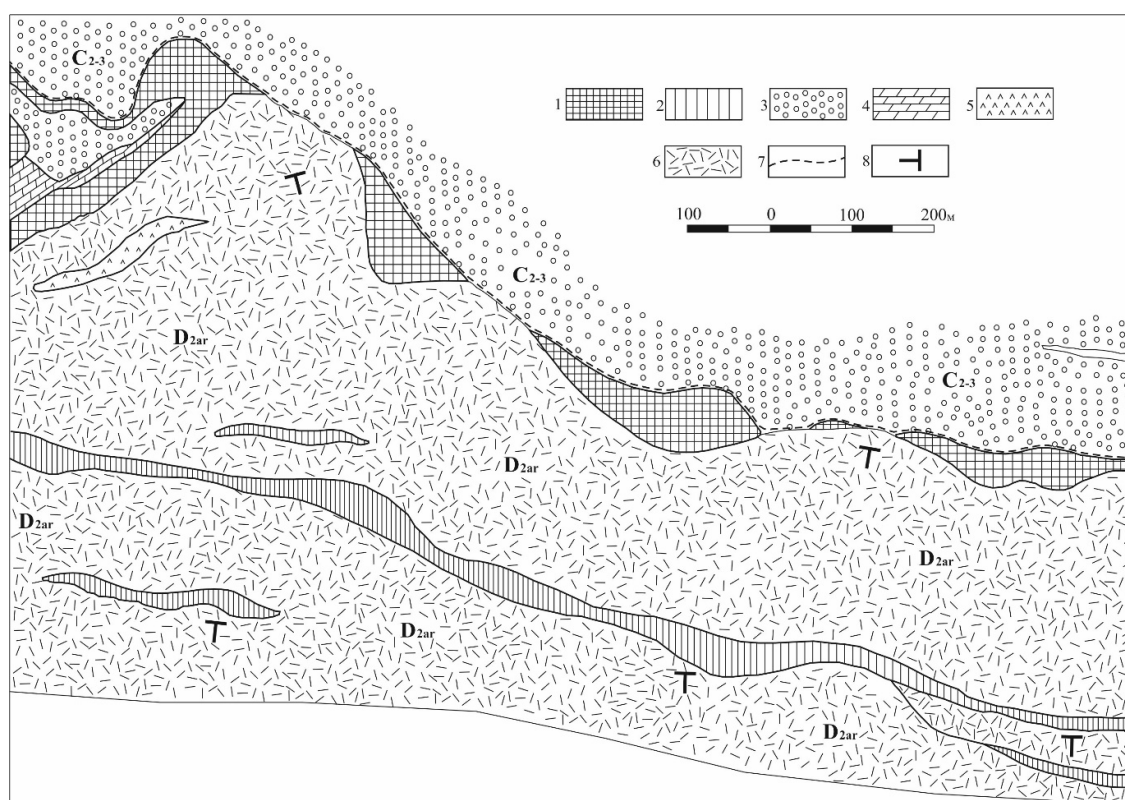


Рис. 1. Схематическая геологическая карта чучкурских лиственитов.

Составлена с использованием материалов В. Л. Омельченко, И. И. Сендецкого, В. С. Исаева.

Условные обозначения: 1 – серпентиниты Худесской группы; 2 – листвениты; 3 – конгломератовидные песчаники и гравелиты $C_{2,3}$; 4 – известняки; 5 – андезиты; 6 – филлиты (черносланцевая толща D_{2ar}); 7 – разломы; 8 – залегание пород /

Fig. 1. Schematic geological map of the Chuchkursky listvenites. Compiled using the materials from V.L. Omelchenko, I.I. Sendetsky, V.S. Isaev.

Legend: 1 – serpentinites of the Khudessky group; 2 – listvenites; 3 – conglomerate sandstones and gravelstones $C_{2,3}$; 4 – limestones; 5 – andesites; 6 – phyllites (black shale layer D_{2ar}); 7 – faults; 8 – bedding of rocks

Генетическое родство и тесная ассоциация лиственитов с ультрабазитами Северного Кавказа, исходно содержащими благородные металлы (Au, Pt, Pd) [Константинов, 1984], привлекли наше внимание в общей проблеме благородных металлов на Кавказе. Зоны лиственитизации в качестве специфических гидротермальных образований сопровождают тела ультрабазитов и залегают повсеместно с ультрабазитами в пределах металлоносной черносланцевой толщи артыкчатской свиты среднего девона (D_{2-3} ar), поскольку в более поздних породах они не встречаются. Наиболее крупными и изученными являются Чучкурские листвениты северо-восточного фланга этого золоторудного месторождения. Геологическими исследованиями на западном фланге Худесского рудного узла А. Л. Луневым, Л. И. Яковлевым (ЦНИГРИ), В. Л. Омельченко (Чемарткольская ПСП) в 1961 году была открыта и обследована на золото мощная и протяженная зона лиственитов района Чучкурского перевала. В это же время В. Л. Омельченко отметил в балке Лесной левого борта реки Чучкур точку с содержанием золота 1 г/т в пиритизированных породах. Последующими 30-тилетними минералогическими и геохимическими работами эта точка была поэтапно доведена до крупного золоторудного Чучкурского месторождения, единственного на Северном Кавказе [Богущ и др., 2021]. Авторами (И. А. Богущ, И. И. Сендецкий) в 1997 году установлена золотоносность лиственит-березитовой формации, отнесенной к Чучкурскому рудному полю [Богущ и др., 1999].

Зона лиственитизации расположена на гребне водораздела рек Чучкур и Худес, локализуясь исключительно в черносланцевой толще девона Передового хребта. Выклинка восточного фланга зафиксирована в районе Чучкурского перевала. Западный фланг упирается в красноцветные вулканиты пермского возраста, слагающие г. Чуммурлы (рис. 1). Зона имеет субширотное простирание и протягивается на 3 км. В 1963 году Чемарткольской ПСП были проведены площадные поиски масштаба 1:5000 с проведением легких горных выработок, результатом стала отрицательная его оценка на возможность нахождения руд с промышленным содержанием металлов. Однако, проведенные геологами Новочеркасского государственного технического университета в 1994-1998 гг. исследования зоны лиственитизации, позволяют по-иному оценить перспективы данного объекта.

Зона лиственитизации приурочена к крупной региональной структуре – Северному тектоническому шву, который ограничивает с севера структуры Передового хребта, надвинутые на основание Кавказа. Линзовидные субвертикальные тела серпентинитов мощностью от 10 до 70 м располагаются широтно, вытянутой цепочкой в крупной тектонической зоне, расположенной севернее лиственитов, в контакте между сланцами артыкчатской свиты и конгломератами карбона. Протяженность отдельных линз колеблется в пределах 45-300 м. Серпентиниты – плотные, зеленовато-серые, рассланцованные, с многочисленными мелкими зеркалами скольжения. В контактах с дайками фельзитов отмечается интенсивная эпидотизация с редкой вкрапленностью хромита.

Лиственитовая полоса протяженностью до 15 км расположена в черных сланцах, алевролитах и песчаниках артыкчатской свиты (D_{2-3} ar). Черносланцевая региональная тоханская толща девона изучена и описана авторами в ряде публикаций в связи с ее высокой потенциальной продуктивностью благородными металлами [Богущ и др., 2021; Гончаров и др., 2005]. Тоханская серия, имеющая исходно глинистый состав с незначительным объемом вулканогенных и псаммитовых пород, испытала зеленокаменный метаморфизм (филлиты). Но при господствующем по-

ложении пелитовых пород (85-88%) в составе тоханской серии участвуют алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты, кремнистые, карбонатные, туфогенные прослои, согласные и секущие тела вулканогенных и жильных магматических пород.

Методы исследований

В связи с достаточно длительной историей изучения лиственитов проведен обзор литературных данных на предмет генетического родства и тесной связи лиственитов с ультрабазитами Северного Кавказа, исходно содержащими благородные металлы (Au, Pt, Pd). Также были использованы результаты многолетних полевых исследований авторов, изучения собранного каменного материала с определением состава пород, исследования их геохимических особенностей и потенциальной рудоносности.

Результаты работы и их обсуждение

Девонские черносланцевые толщи в разрезе свиты представлены серыми и темно-серыми разновидностями от тонкослоистых до листовато-слоистых, обладающих пелитовой, алевролитовой и чешуйчатой структурами. Песчаники встречаются в виде мелких линзовидных пропластков. Более крупные пласты (мощностью до 50 м) обнажаются вблизи Чучкурского перевала. Также вблизи Чучкурского перевала встречаются мраморизованные известняки – светло-серые породы крупно-среднезернистые, слоистые, сильно трещиноватые. Интрузивные образования представлены небольшими телами серпентинитов и серией даек андезитовых порфиритов и фельзитов.

Севернее свиты черных сланцев залегает свита конгломератов и песчаников среднего-верхнего карбона (C_{2-3}). Свита сложена чередующимися пластами мощностью 15-20 м кварцевых конгломератов, гравелистых песчаников с отдельными линзовидными пропластками глинистых сланцев. Она имеет тектонический контакт как с нижележащими отложениями артыкчатской свиты, так и с песчано-глинистыми породами нижней юры.

Интрузивные образования представлены небольшими телами серпентинитов и серией даек андезито-дацитовых порфиритов и фельзитов, а также малыми интрузиями гранит-порфиров (гранитоидов).

Дайки золоторудных андезито-дацитовых порфиритов (гранодиоритов) распространены исключительно в свите сланцев ($D_{2-3}ar$). Крупные тела даек (мощностью до 40 м) сопровождают листвениты на западном фланге Чучкурской зоны, где они слагают массив горы Чуммурлы (Чучкурское рудное поле). Общая мощность лавовой толщи составляет 350-400 м. На восточном же фланге встречаются обособленные маломощные тела.

Гранодиориты – темно-зеленые, свежие, сильно трещиноватые породы с порфировой структурой с офитовой и пилотакситовой основной массой. Крупные вкрапленники (до 1 см) представлены андезитом, реже альбит-олигоклазом, пироксенами и амфиболом. Основная масса, состоящая из тех же минералов, в значительной степени хлоритизирована. В участках окварцевания, хлоритизации и пиритизации гранодиориты переработаны в золотоносные березиты, широко распространенные в рудном поле Чучкурского золоторудного месторождения. Характеристика химического состава гранодиоритов приведена в таблице 1.

Таблица 1 / Table 1

**Химический состав гранодиоритов Чучкурского месторождения ($n \times 10^{-3} \%$) /
Chemical composition of granodiorites of the Chuchkursky deposit ($n \times 10^{-3} \%$)**

№ образца / № of sample	Химические элементы / Chemical elements										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
0,23/1	57,0	15,1	1,22	1,72	5,05	0,26	0,09	2,20	4,4	2,4	3,25
0,29/1	54,2	13,3	1,02	1,83	3,65	0,20	0,18	3,05	6,03	2,18	3,8
0,39/1	58,1	15,5	1,11	3,39	3,14	0,13	0,13	3,93	2,83	2,70	3,28
0,42/1	52,9	14,4	0,45	2,03	2,31	0,1	0,3	1,7	2,19	2,0	4,7

Микроскопически порода имеет порфировидную структуру. Порфировые вкрапленники представлены темноцветными минералами и плагиоклазом интенсивно серицитизированным, погруженными в гипидиоморфнозернистую основную массу. В основной массе плагиоклазы более свежие чем, в порфировых вкрапленниках. Темноцветные минералы (до 3-5%) идиоморфной формы, иногда образуют скелетные формы. Они практически нацело замещены хлорит-карбонатным агрегатом. В темноцветных порфирах отмечается отдельные вытянутые зерна рудного минерала (рутил –?). Кроме плагиоклаза (№ 38-40) в основной массе встречаются зерна кварца и хлорит-карбонатный агрегат. Из аксессуарных минералов наблюдается апатит (до 0,3-0,5 мм). Вблизи контакта с лиственитами гранодиориты сильно карбонатизированы и серицитизированы, часто содержат прожилки карбоната с рассеянной вкрапленностью пирита. Простираание даек обычно субпараллельно зоне лиственитизации, т. е. субширотное, с углами падения 30-70° к югу или к северу.

Малые интрузии гранитоидов тесно ассоциируют с телами лиственитов, локализуясь в однотипных тектонических зонах. Породы светло-серого цвета с розовым оттенком, в них отмечается окварцевание и сильная трещиноватость. Вкрапленники представлены калиевым полевым шпатом, плагиоклазами, а также псевдоморфозами хлорита и рудного минерала по темноцветному минералу. Основная масса мелкозернистая, кварц-полевошпатовая.

Листвениты – плотные мелкозернистые, массивные и брекчиевидные породы желтовато-серого до темно-серого цвета. Брекчиевидность обусловлена наличием густой сети прожилков белого кальцита. Кроме них встречаются также гнейсовидные листвениты с многочисленными прожилками белого кальцита. Это мелко-среднезернистые породы, темно-серого цвета, сильно трещиноватые. Гнейсовидность обусловлена чередованием тонких полос, сложенных светлым карбонатом и сильно окварцованными алевролитами темно-серого цвета

Микроскопически листвениты представляют собой породу с брекчиевой текстурой, и состоит из обломков кремнисто-карбонатного состава, которые цементируются карбонат-кварцевым цементом. Микроструктура лиственитов зернистая, гранобластовая. Порода состоит из неправильных изометричных зерен карбоната (до 57%), кварца (до 15%), халцедона (до 7%) и рудного минерала (до 1%). Размер зерен колеблется от 0,08 до 1,2 мм. По оптическим характеристикам карбонат – магнетит. Вокруг некоторых обломков кварц нарастает в виде удлиненных мелко-среднешестоватых кристаллов, образуя венцовую структуру. Обломки представляют собой прожилково-ячеистый агрегат, в котором прожилки выполнены Fe-карбонатом

(анкеритом), а ячейки выполнены кварц-серицитовым и серпентин-тальковым агрегатами. Местами присутствуют единичные оскольчатые зерен бурой хромшпинели (до 0,3 мм).

Рудная минерализация развита в виде мелких зерен и агрегатов сульфидов и магнетита. Сульфидная вкрапленность образует шлировые участки в лиственитах. Халькопирит наблюдается в форме мелких ксеноморфных зерен, частично замещающих и корродирующих зерна пирита. Пирит кристаллически зрелый с размерами зерен до 0,1 до 0,6 мм. Магнетит отмечается также в виде вкрапленников от 0,001 до 0,1 мм. Содержание по отдельным аншлифам достигает – халькопирита до 5%, пирита до 1%, магнетита до 10%. Гарниерит встречается чаще и пользуется более значительным развитием, чем сульфиды. Повышенные концентрации этого минерала наблюдаются на западном фланге и в центральной части западного тела лиственитов. Он представлен тонкочешуйчатым агрегатом, реже землистыми массами, образующими мелкие (до 1-2 см) прожилки и гнезда, более или менее равномерно насыщающие листвениты. Среднее содержание гарниерита в лиственитах примерно 3-5%, в редких случаях до 10-15%.

Геохимические исследования проводились И.И. Сендецким с использованием стандартных методик [Сендецкий, 1997]. Пробы отбирались методом пунктирной борозды, длина проб – от 1 до 5 м. Анализировались пробы на 30 элементов (Au, Cu, Zn, Pb, Ag, Bi, As, Sb, Sn, Mo, W, Ba, Co, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ta, Ga, Ge, P, Sr, Be, Y, It, Zr, Nb, Sc, B). По данным спектрального анализа отмечаются повышенные содержания никеля – 0,1-0,3%, в единичных пробах – до 1,5%, кобальта – 0,003-0,03%, в отдельных пробах – до 0,1-0,2%. В целом средние содержания отдельных элементов, подчеркивающих связь с ультрабазами, по 3-м опробованным участкам приведены в таблице 2.

Для изучения геохимических ассоциаций был произведен корреляционный анализ между всеми 30-ти элементами (Au, Cu, Zn, Pb, Ag, Bi, As, Sb, Sn, Mo, W, Ba, Co, Ni, Mn, Ti, V, Cr, Ta, Ga, Ge, P, Sr, Be, Y, It, Zr, Nb, Sc, B).

На корреляционной дендрограмме, построенной в ходе анализа геохимических спектров, отчетливо выделяется 4 геохимические ассоциации:

1) ассоциация 1 – группа элементов литофилов Ti-Sr-V-Y-P-Zr-Nb-Be-Sn. Это элементы раннемагматические. Они концентрируются в минералах магнетит, хромшпинель, циркон, апатит и других аксессуаров. Ассоциация связана с первичными породами, превращенными в серпентиниты;

Таблица 2 / Table 2

**Геохимические особенности западного тела лиственитов ($10^{-3}\%$) /
Geochemical features of the western body of listvenites ($10^{-3}\%$)**

Элемент / Element	Западный фланг / Western flank			Центральный блок / Central block			Восточный блок / Eastern block		
	$X_{\text{сред.}} / X_{\text{aver}}$	X_{min}	X_{max}	$X_{\text{сред.}} / X_{\text{aver}}$	X_{min}	X_{max}	$X_{\text{сред.}} / X_{\text{aver}}$	X_{min}	X_{max}
Ni	0,243	0,015	0,400	0,143	0,060	0,300	0,275	0,200	0,300
Co	0,018	0,001	0,030	0,010	0,003	0,030	0,019	0,010	0,030
Cr	0,064	0,030	0,200	0,015	0,000	0,030	0,125	0,100	0,150
Mn	0,315	0,100	1,500	0,512	0,200	1,500	0,625	0,200	1,000

2) ассоциация 2 – Cu-Ni-Co, типоморфна для ультраосновных пород и связанных с ними рудных образований. В этой ассоциации наиболее тесную связь имеют элементы Co-Ni, в меньшей степени Cr, а также Cu-Ba. Это – ассоциация оруденения, сопутствующего ультраосновным породам;

3) ассоциация 3 – W-Sb-Sc-B, характеризует редкометалльную высокотемпературную группу наложенных процессов, переходных к березитовой формации, связанных со становлением даечных комплексов диоритовых порфиров;

4) ассоциация 4 – Zn-Pb, в меньшей степени As, Mn, Mo. К данной ассоциации приурочено и золото. Характеризует наложенные низко-среднетемпературные метасоматические процессы.

Повышенные содержания золота, по данным геолого-геохимического картирования, отмечаются в сильно окварцованных лиственитах вблизи контакта с диоритовыми порфирами, а также в эндоконтакте порфиров с лиственитами. Жильные диоритовые порфиры и гранодиориты в Чучкурском месторождении обогащены золотом и относятся к рудным образованиям. Такой результат получен как геологическими методами, так и при математическом моделировании с использованием R-факторного метода главных компонент.

При моделировании изучались первые три главные компоненты, суммарная дисперсия которых составляет около 56%, из которых наиболее показательны 1-я и 3-я главные компоненты, их вклад в дисперсию соответственно составляет 32% и 11%.

Первая главная компонента служит линейной комбинацией двух групп элементов (нагрузки, представленные значимыми показателями): с положительным знаком – Ga (0,92), Ti (0,89), I (0,83), Sn (0,81), Ta (0,80), V (0,76), Bi (0,75), Sc (0,73), It (0,72), Be (0,71), P (0,69), W (0,66), Nb (0,62), Zr (0,60), Sb (0,53), B (0,47), As (0,44); с отрицательным – Co (–0,53) и Ni (–0,47).

Третья главная компонента представлена линейной комбинацией также двух групп элементов: с положительным знаком – W (0,50) и Au (0,40), с отрицательным – Ni (–0,71), Cr (–0,64), Cu (–0,62), Co (–0,59), Ag (–0,55), Ba (–0,51).

Содержание первой главной компоненты обусловлено комплексом элементов, определяющих гидротермальный процесс лиственитизации, который сопровождался привнесением редкометалльной и литофильной групп элементов (Ga, Ti, V, Bi, Be и др.) и выносом элементов Ni, Co, генетически связанных с ранним ультраосновным магматизмом.

Третья главная компонента характеризует две взаимно исключающие группы рудообразующих элементов, из которых одна связана с наложенной золото-вольфрамовой минерализацией, пространственно обусловленной наличием жильных тел кварцевых диоритов, а вторая – с первичной Cr-Ni-Co группой.

Данные геологического исследования и математического моделирования позволили тело лиственитов разбить на 4-е блока (рис. 2).

1) зона А – слабо золотоносные листвениты западного фланга рудопроявления, пространственно, приуроченные к маломощной дайке диоритовых порфиров;

2) зона В – золотоносные листвениты большой мощности (раздвиг тела) с содержаниями Au до 0,1 г/т, связанные пространственно как с маломощной дайкой, так и штокообразным телом кварцевых диоритов, расположенных в центральной части;

3) зона С – слабозолотоносные листвениты восточного фланга рудопроявления, уровень золотоносности падает от центральной части на восток до нуля с увеличением расстояния от дайки и штокообразного тела кварцевых диоритов;

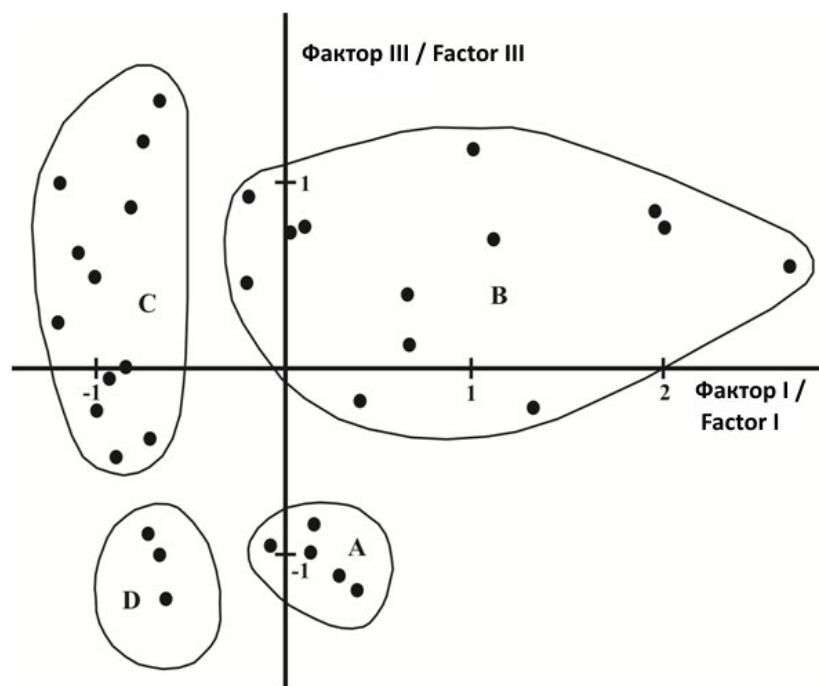


Рис. 2. Диаграмма группировки проб лиственитов по геохимическим данным в координатах I и III главных компонент (A, B, C, D – зоны группирования проб) /
Fig. 2. Diagram of grouping of samples of listvenites according to geochemical data in coordinates I and III of the main components (A, B, C, D – zones of grouping of samples)

4) зона D – структурно оторванный фрагмент выходов практически не золотоносных лиственитов, пространственно разобщенный с кварцевыми диоритами.

Минералогический анализ не показал видимого золота в лиственитах, однако геохимический анализ показывает содержание золота в лиственитах до 1 г/т. Такие содержания золота в отдельных пробах, определенные спектрометрическим методом, могут доказывать только присутствие золота, но не его содержание. Аналогичная золотоносность одной пробы в балке Лесной позволила выявить крупное Чучкурское месторождение.

Доказанная нами зона лиственитизации является лишь фрагментом крупного регионального геологического тела, вытянутого вдоль северного тектонического шва по границе геолого-структурной зоны Передового хребта. Однако металлогения данного геологического тела практически не изучена, имеются только отдельные сведения, которые носят противоречивый характер.

Пространственное сочетание зон березитизации и лиственитизации в едином рудном поле Чучкурского месторождения подчеркивает наличие на Северном Кавказе перспективной лиственит-березитовой золотоносной ассоциации гидротермалитов [Богуш и др., 2021; Гончаров и др., 2005; Сендецкий, 1998].

Выводы

Учитывая региональный характер распространения зон лиственитизации в описываемых структурах, а также их повышенную золотоносность и наличие кобальт-никелевого оруденения представляется необходимым провести дополнительные исследования данного комплексного вида полезного ископаемого в двух направлениях:

1 – региональный анализ распространения и структурного контроля зон лиственитизации;

2 – детальное исследование отдельных зон развития лиственитов с привлечением минералогического картирования, геохимических исследований, для выявления промышленных концентраций как золотого, так и кобальт-никелевого оруденения.

Кроме того, учитывая современные требования рационального и комплексного использования природных ресурсов, при проведении указанных выше исследований необходимо изучить попутные нетрадиционные компоненты руд такие как: хром, марганец и элементы группы платины. Сами горные породы – листвениты и серпентиниты, по предварительному изучению текстур и структур, блочности и декоративным характеристикам являются качественным камнецветным материалом.

Литература

1. Богуш И. А., Гайдуков В. Д., Сендецкий И. И. Геологические позиции золотоносных лиственитов Чучурского рудного поля Северного Кавказа. // Материалы 2-й Международной конференции «Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа». Т. 1. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 1999. – С. 129-132.
2. Богуш И. А., Рябов Г. В., Черкашин В. И., Исаева Н. А. Ультрабазиты и источник благородных металлов (Au, Pt, Pd) на Северном Кавказе. // Геология и геофизика Юга России. – 2021. – Т. 11. № 4. – С. 15-26. DOI: 10.46698/VNC. 2021.71.47.002
3. Гончаров В. И., Богуш И. А., Глазырина Н. В., Исаев В. С. Литология, геохимия и золотоносность черносланцевых комплексов Северного Кавказа. // Вестник ЮНЦ РАН. – 2005. – Т. 1. № 4. – С. 58-64.
4. Константинов М. М. Генетические системы золоторудных месторождений. // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 275. № 3. – С. 696-699.
5. Михеев Г. В., Потапенко Ю. Я. О возрасте альпинотипных ультрабазитов Северного Кавказа. // Сов. Геология. – 1973. – № 1. – С. 131-138.
6. Парада С. Г., Маркин М. Ю., Холодов Ю. В., Шишкалов И. Ю. Минерагенические аспекты геохимических исследований Малкинского рудного района. // Вестник Южного научного центра РАН. – 2011. – Т. 7. № 1. – С. 47-78.
7. Парада С. Г., Маркин М. Ю., Столяров В. В., Шишкалов И. Ю. Первые химико-аналитические данные о платиноносности Беденского серпентинитового массива (Карачаево-Черкесская Республика). // Доклады РАН. – 2014. – Т. 454. № 5. – С. 567-569.
8. Плошко В. В. Гипербазиты Карпато-Крымско-Кавказской складчатой области. – Киев: Наукова Думка, 1986. – 192 с.
9. 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
10. Сендецкий И. И. Петрохимические особенности вулканитов киньрчадской свиты Кубань-Малкинского междуречья. // Проблемы геологии и экологии Юга России и Кавказа. Материалы международной научной конференции. Т. 1. Геология, полезные ископаемые». – Новочеркасск. – 1997. – С. 108-110.
11. Соболев Н. Д. Ультрабазиты Большого Кавказа. – М.: Госгеолиздат, 1952. – 240 с.
12. Снежко Е. А. Петрохимические типы ультрабазитов Северного Кавказа и их структурная позиция. // Рукопись деп. в ВИНТИ. – М.: ВИНТИ, 1985. – Деп. рук. № 7884-85. – 162 с.
13. Татаринов П. М. Лебединское (Беденское) месторождение хризотил-асбеста на Северном Кавказе. // Материалы ЦНИГРИ. – 1935. – Сб. 2. – С. 1-26.
14. Черницын В. Б., Прокуронов П. В. Металлогеническая специализация Пшекиш-Тырныаузского глубинного разлома (Большой Кавказ). // Геология рудных месторождений. – 1977. – № 2. – С. 115-118.

15. Bach W., Paulick H., Garrido C.J., Ildefonse B., Meurer W., Humphris S.E. Unravelling the sequence of serpentinization reactions: petrography, mineral chemistry, and petrophysics of serpentinites from MAR 15°N (ODP Leg 209, Site 1274). // *Geophysical Research Letters*. – 2006. – Vol. 25. – pp. 1467-1470.

16. Beziat D., Bourges F., Débat P., Lompo M., Tollon F., Zonou S. Albitite et “listvenite”; sites de concentration aurifère inédits dans les ceintures de roches vertes birimiennes fortement hydrothermalisées du Burkina Faso. // *Bull. Soc. Geol. France, H. Ser.* – 1998. – Vol. 169. No. 4. – pp. 563-571.

17. Halls C., Zhao R. Listvenite and related rocks: A perspectives on terminology and mineralogy with reference to an occurrence at Cregganbaun, Co. Mayo, Republic of Ireland. // *Mineral. Deposita*. – 1995. – Vol. 30. No. 2. – pp. 303-313.

18. Halls C., Zhao R., Shine C., Cooper C., Harrington K. Listvenites and related rocks associated with gold mineralization in Co. Mayo, Ireland. // *Mineralogical Society of Great Britain and Ireland. Winter Conference, Cardiff, December 16-18 1991.* – Industrial and Environmental Mineralogy, Programme and Abstracts. – 1991. – 25p.

19. Grieco G., Merlini A. Chromite alteration processes within Vourinosophiolite. // *Int. J. Earth Sci.* – 2012. – Vol. 101. – pp. 1523-1533.

20. Kimball K.L. Effects of hydrothermal alteration on the compositions of chromian spinels. // *Contrib. Mineral. Petrol.* – 1990. – Vol. 105. – pp. 337-346.

References

1. Bogush I.A., Gaidukov V.D., Sendetsky I.I. Geological positions of gold-bearing listvenites of the Chuchkur ore field of the North Caucasus. In: *Proceedings of the 2nd International Conference Prob. of Geol., Min. Res. and Ecol. of the South of Russia and the Caucasus*. Vol. 1. Novocherkassk, YuRGU NPI, 1999. pp. 129-132. (In Russ.)

2. Bogush I.A., Ryabov G.V., Cherkashin V.I., Isaeva N.A. Ultrabasites and the sources of noble metals (Au, Pt, Pd) in the North Caucasus. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No. 4. pp. 15-29. (in Russ.) DOI: 10.46698/VNC. 2021.71.47.002.

3. Goncharov V.I., Bogush I.A., Glazyrina N.V., Isaev V.S. Lithology, geochemistry and gold content of black shale complexes of the North Caucasus. *Bulletin of the SSC RAS*. 2005. Vol. 1. No. 4. pp. 58-64. (in Russ.)

4. Konstantinov M.M. Genetic systems of gold deposits. *Doklady of the Academy of Sciences of the USSR*. 1984. Vol. 275. No. 3. pp. 696-699. (in Russ.)

5. Mikheev G.V., Potapenko Yu. Ya. The age of alpine-type ultramafic rocks of the North Caucasus. *Soviet Geology*. 1973. No. 1. pp. 131-138. (in Russ.)

6. Parada S.G., Markin M.Yu., Kholod Yu.V., Shishkalov I. Yu. Mineragenic aspects of geochemical investigations of the Malka ore area. *Bulletin of the SSC RAS*. 2011. Vol. 7. No. 1. pp. 47-78. (in Russ.)

7. Parada S.G., Markin M.Yu., Stolyarov V.V., Shishkalov I. Yu. The first chemical-analytical data on the platinum-bearing potential of the Beden serpentinite massif, Karachai-Cherkessiya. *Doklady Earth Sciences*. Vol. 454. No. 2. 2014. pp. 128-130. DOI: 10.1134/S1028334X14020147

8. Ploshko V.V. Hypermafic rocks of the Carpatho-Crimean-Caucasian folded region. Kyiv, Naukova Dumka. 1986. 192 p. (in Russ.)

9. Popov Yu.V., Pustovit O.E., Nikulina A. Yu. Mineral composition of serpentinites of the Kishinsky massif (Greater Caucasus). // *Geology and Geophysics of Russian South*. 2021. Vol. 11. No. 1. pp. 38-51. (in Russ.) DOI: 10.46698/VNC. 2021.91.98.004

10. Sendetsky I.I. Petrochemical features of volcanic rocks of the Kinyrchad Formation of the Kuban-Malka interfluve. In: *Proceedings Prob. of geol. and ecol. of the South of Russia and the Caucasus*. Vol. 1. Geology, minerals. Novocherkassk. 1997. pp. 108-110. (in Russ.)

11. Sobolev N.D. Ultramafic rocks of the Greater Caucasus. Moscow. Gosgeolizdat. 1952. 240 p. (in Russ.)

12. Snezhko E.A. Petrochemical types of ultramafic rocks of the North Caucasus and their structural position. In: Manuscript dep. at VINITI. Moscow. VINITI. 1985. Deposited manuscript No. 7884-85. 162 p. (in Russ.)
13. Tatarinov P.M. Lebedinskoye (Bedenskoye) deposit of chrysotile-asbestos in the North Caucasus. Materials of TsNIGRI. 1935. Col. 2. pp. 1-26. (in Russ.)
14. Chernitsin V.B., Prokuronov P.V. Metallogenic specialization of the Pshekish-Tyrnyauz deep fault (Greater Caucasus). Geology of ore deposits. 1977. No. 2. pp. 115-118. (in Russ.)
15. Bach W., Paulick H., Garrido C.J., Ildefonse B., Meurer W., Humphris S.E. Unravelling the sequence of serpentinization reactions: petrography, mineral chemistry, and petrophysics of serpentinites from MAR 15°N (ODP Leg 209, Site 1274). Geophysical Research Letters. 2006. Vol. 25. pp. 1467-1470.
16. Beziat D., Bourges F., Débat P., Lompo M., Tollon F., Zonou S. Albitite et "listvenite"; sites de concentration aurifère inédits dans les ceintures de roches vertes birimiennes fortement hydrothermalisées du Burkina Faso. Bull. Soc. Geol. France, H. Ser. 1998. Vol. 169. No. 4. pp. 563-571.
17. Halls C., Zhao R. Listvenite and related rocks: perspectives on terminology and mineralogy with reference to an occurrence at Cregganbaun, Co. Mayo, Republic of Ireland. Mineral. Deposita. 1995. Vol. 30. No. 2. pp. 303-313.
18. Halls C., Zhao R., Shine C., Cooper C., Harrington K. Listvenites and related rocks associated with gold mineralization in Co. Mayo, Ireland. Mineralogical Society of Great Britain and Ireland. Winter Conference, Cardiff, December 16-18 1991. Industrial and Environmental Mineralogy, Programme and Abstracts. 1991. 25p.
19. Grieco G., Merlini A. Chromite alteration processes within Vourinosophiolite. Int. J. Earth Sci. 2012. Vol. 101. pp. 1523-1533.
20. Kimball K.L. Effects of hydrothermal alteration on the compositions of chromian spinels. Contrib. Mineral. Petrol. 1990. Vol. 105. pp. 337-346.