

УДК 553.22:553.086(470.621)
DOI 10.17513/use.38057

ЛИСТВЕНИТЫ ДАХОВСКОГО ВЫСТУПА И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ РУДНЫЕ АССОЦИАЦИИ (БОЛЬШОЙ КАВКАЗ)

Долженко И.В., Попов Ю.В., Шарова Т.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: dolz@sfnedu.ru

Объектом изучения служат листвениты, приуроченные к северному флангу Даховского выступа, расположенного в северо-западной части Большого Кавказа (Республика Адыгея, бассейн р. Белой). Здесь в зоне крупного разлома известно около двадцати линзовидных тел лиственитов, ограниченных тектоническими контактами. Изучение минералого-петрографических особенностей пород проведено с использованием методов рентгенофазового анализа и электронно-зондовых исследований. Листвениты обладают микрокристаллической структурой, массивной или полосчатой текстурой, сложены карбонатными минералами, кварцем и гидратированным фукситом. Состав карбонатов изменчив, преобладают представители ряда доломит – анкерит, реже присутствуют близкие к сидериту железистые карбонаты. В зональных зернах и тонких прожилках центральные части часто образованы более железистыми разновидностями карбонатов. Реликтовые минералы представлены серпентинами, хлоритами и хромшпинелями, что указывает на серпентинитовый протолит. Состав хромшпинелей отличается от типичного для исходных серпентинитов: они близки к феррихромитам и от характерных для серпентинитов хромитов – субферрихромитов отличаются относительной обогащенностью Fe^{3+} и постоянной примесью цинка. Ассоциация рудных минералов (сульфиды и сульфосарсениды) тяготеет к железистым карбонатам, в ее составе преобладают миллерит, герсдорфит и зигенит. Ее возникновение связано с гидротермальными растворами, сопутствовавшими завершающей стадии развития герциньских гранитоидных очагов, активно транспортировавшими кобальт, медь, мышьяк, никель, свинец, серу, сурьму, цинк.

Ключевые слова: лиственит, Даховский выступ, миллерит, герсдорфит, зигенит

LISTVENITES OF THE DAKHOVSKY LEDGE AND THE RELATED ORE ASSOCIATIONS (GREATER CAUCASUS)

Dolzhenko I.V., Popov Yu.V., Sharova T.V.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: dolz@sfnedu.ru

The object of study is listvenites, confined to the northern flank of the Dakhovsky ledge, located in the northwestern part of the Greater Caucasus (Republic of Adygea, Belaya River basin). Here, in a zone of a large fault, about twenty lenticular bodies of listvenites, limited by tectonic contacts. Study of mineralogical and petrographic peculiarities of the rocks were studied using X-ray phase and electron-probe methods. Listvenites have a microcrystalline structure, massive or banded texture, composed of carbonate minerals, quartz, and hydrated fuchsite. The composition of carbonates is variable; representatives of the dolomite-ankerite series predominate, and iron carbonates, close to siderite, are present less frequently. In zonal grains and thin veins, the central parts are often formed by more ferruginous carbonate varieties. Relic minerals are represented by serpentines, chlorites, and chromspinels, indicating a serpentinite protolith. The composition of chromspinels differs from that typical of the original serpentinites: they are close to ferrichromites and differ from typical for serpentinites chromites-subferrichromites in relative Fe^{3+} enrichment and constant zinc admixture. The association of ore minerals (sulfides and sulfoarsenides) tends to ferruginous carbonates, with millerite, gersdorphyte, and zigenite predominating in its composition. Its occurrence is associated with hydrothermal solutions accompanying the final stage of Hercynian granitoid chambers development, actively transporting cobalt, copper, arsenic, nickel, lead, sulfur, antimony, zinc.

Keywords: listvenite, Dakhovsky ledge, millerite, gersdorffite, siegenite

Среди метасоматических образований, сопутствующих апогипербазитовым альпинотипным серпентинитам в доверхнепалеозойском кристалликуме Большого Кавказа, достаточно широко представлены листвениты. Интерес к изучению этих пород обусловлен в первую очередь их потенциальной рудоносностью [1, 2]. На Большом Кавказе с лиственитами связывают перспективные благороднометаллические, в частности, платиноидной минерализации [3, 4], обусловленной гидротермальной переработкой апогипербазитов. Различия в геологической позиции лиственитов и их минерального состава определяют необходимость минералого-петрографического изучения конкретных проявлений. К числу

геологических структур с наиболее масштабным развитием лиственитов относится Даховский выступ, представляющий собой тектонический блок кристаллических пород в северо-западной части Большого Кавказа. В его строении участвует комплекс метаморфических пород, вмещающих полифазный массив среднепозднепалеозойских гранитов, и приуроченные к зонам разломов альпинотипные серпентиниты. Последние секутся жилами гранитов завершающей фазы внедрения (с очагами которых связан региональный площадной кремнещелочной калиевый среднетемпературный метасоматоз, приведший к микроклинизации вмещающих пород) и несут следы гидротермальной переработки.

Цель исследования – изучение особенностей петрографического состава лиственитов Даховского кристаллического поднятия и связанной с ними рудной минерализации.

Материалы и методы исследования

Объектом изучения являлись листвениты, приуроченные к северной фланговой части Даховского кристаллического выступа, контролируемой зоной крупного Центрального разлома, содержащей тектонические линзы и пластины серпентинитов (рис. 1). В составе выступа порядка двадцати линзовидных тел лиственитов, ограниченных тектоническими контактами, залегают среди перемятых серпентинитов, на контактах последних с позднепалеозойскими коллизийными калиевыми гранитоидами или в зонах разломов, секущих гидротермально переработанные гранитоиды и вмещающие их метароды (рис. 1, II). В 1960-х гг. в ходе поисковых работ на подолочные камни участок их развития в долине р. Сюк определен как Березовское месторождение лиственитов, в котором запасы последних оценены по категории С₂ в ~8 тыс. м³. Залегание тел субвертикальное, мощность изменяется от первых метров до 50 м, протяженность достигает 100–150 м. Приуроченность

к разломам, испытывавшим неоднократные активизации (вплоть до альпийского времени), определяет интенсивную дислоцированность пород, превращение их в тектонические брекчии и выветрелость, подчеркнутую развитием водных оксидов железа, поступающего из карбонатов и рудных минералов (рис. 2).

Изучение минералого-петрографических особенностей лиственитов проведено с использованием рентгенофазового анализа и электронно-зондовых методов. Рентгенофазовый анализ выполнен на дифрактометре «ДРОН-7» при характеристическом излучении медного анода (CuK α_1 , 1,5406 Å). Электронно-зондовые исследования полированных препаратов проведены на растровом электронном микроскопе Tescan VEGA II LMU интегрированном с системой энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 450/ XT производства фирмы OXFORD Instruments Analytical; измерения проводились при ускоряющем напряжении 20 kV. Работы выполнены в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Центр исследований минерального сырья и состояния окружающей среды» Южного федерального университета.

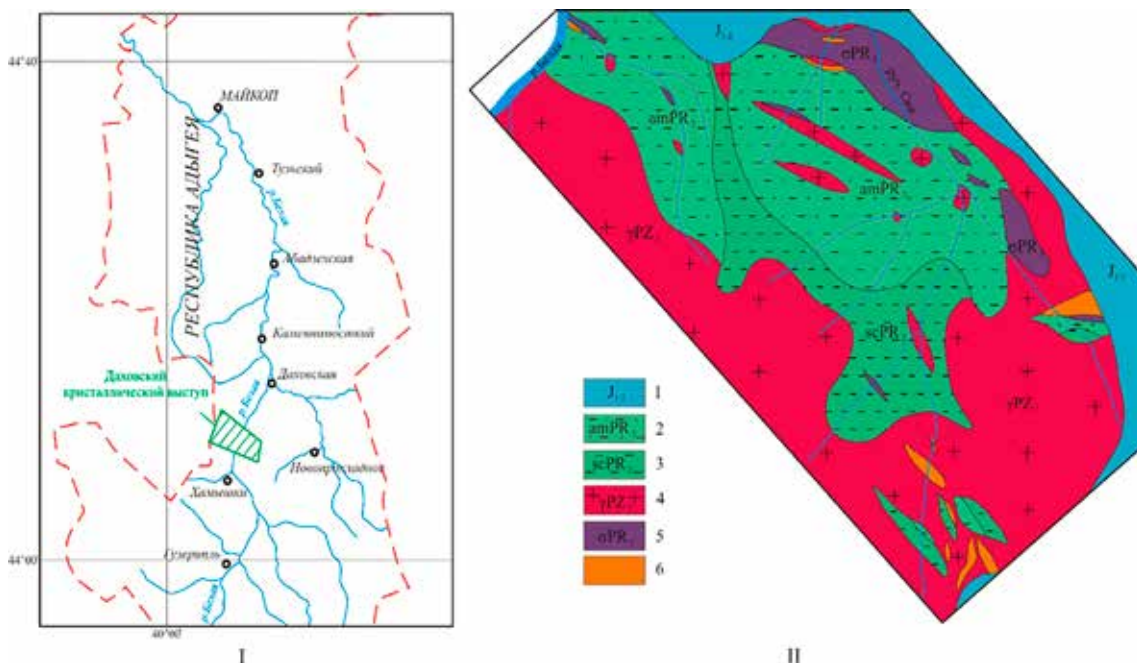


Рис. 1. Положение Даховского кристаллического выступа (I) и схема расположения основных тел лиственитов в составе выступа (II). Условные обозначения: 1 – нижне-среднеюрский осадочный комплекс, 2 – амфиболовые кристаллические сланцы, 3 – кварц-слюдяные кристаллические сланцы, 4 – граниты, 5 – серпентиниты, 6 – листвениты

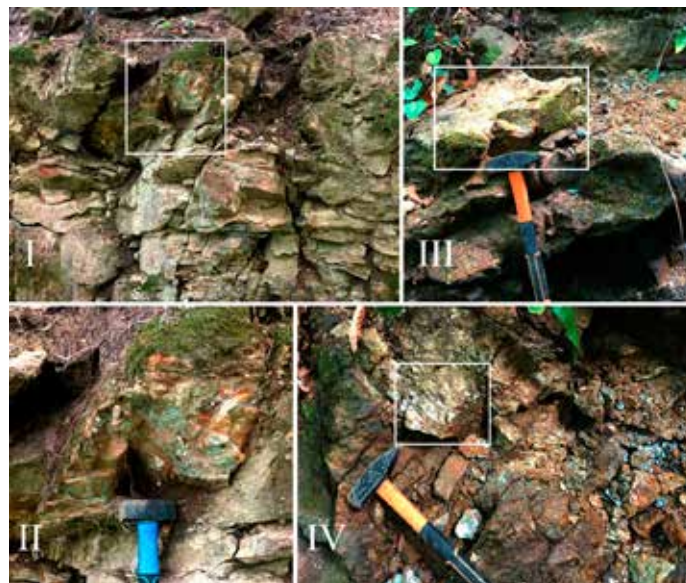


Рис. 2. Выходы лиственитов в составе Даховского поднятия: I, II – выход ожелезненных лиственитов на р. Сюк на контакте серпентинитов и кристаллических сланцев; III, IV – выход лиственитов на руч. Хризопразовый на контакте с гранитами

Результаты исследования и их обсуждение

Из-за сильной дислоцированности метасоматические колонки метасоматитов не прослеживаются, можно лишь отметить присутствие среди ассоциирующих серпентинитов фрагментов хлорит-тремолитовых, тальк-магнетит-хлорит-карбонатных и иных метасоматических пород разнотемпературных парагенезисов.

Макроскопически листвениты представляют собой массивные или полосчатые породы от серого и серо-зеленого до насыщенного зеленого цвета, местами коричневые или буроватые за счет ожелезнения. В полосчатых разностях (иногда с зигзагообразным рисунком) отмечается чередование серых, темно-серых, зеленых, коричневых полос.

Методами рентгенофазового анализа в составе пород диагностируются породообразующие кварц и доломит, а в выветрелых разностях также и каолинит (рис. 3). Отсутствие рефлексов слюд (присутствие которых устанавливается при микроскопических исследованиях) объясняется, видимо, их небольшой долей (с минимальным содержанием в серых карбонат-кварцевых разностях) и разной степенью гидратированности с изоморфным замещением щелочной катионом H_3O^+ .

Структура пород микрокристаллическая, образованная кристаллами карбонатных минералов в кварцевой массе и ред-

кими разрозненными листочками и агрегатами слюд (рис. 4). Содержание кварца, образующего зерна размером до 0,3 мм, обычно составляет 30–60%, но в некоторых разностях возрастает до 70–90%; высококварцевые окрашенные в аквамаринный цвет разности, образующие гнезда размером до 2–3 см в лиственитах, известны под названием «хризопразы» (проявление Хризопразовое, расположенное в правом одноименном притоке р. Сюк) [5]. Характерно зональное строение кристаллов карбонатов без единого тренда изменения состава от ядер к периферии, но чаще внутренние части кристаллов и тонких прожилков сложены более железистыми разностями. В целом преобладают кристаллы доломитового и анкеритового состава (вариации составов преимущественно происходят в диапазоне $Mg_{0,96}Ca_{0,93}Fe_{0,09}Mn_{0,02}[CO_3]_2 - Ca_{0,95}Mg_{0,79}Fe_{0,25}Mn_{0,01}[CO_3]_2$), в меньшем количестве отмечаются зерна сидеритового состава ($Fe_{0,83}Mg_{0,14}Mn_{0,03}[CO_3]$). Слюды соответствуют гидромусковиту – фукситу (с составом близким к $(K_{0,63}H_3O_{0,37})(Al_{1,44}Mg_{0,27}Cr_{0,14}Fe^{2+}_{0,11}Ni_{0,03}Ti_{0,01})_2[Si_{3,41}Al_{0,59}O_{10}(OH)_2 - (K_{0,54}H_3O_{0,46})(Al_{1,58}Cr_{0,20}Mg_{0,17}Fe^{2+}_{0,04}Ti_{0,01})_2[Si_{3,46}Al_{0,54}O_{10}(OH)_2]$). Редко отмечаются чешуйки хлоритов, талька, реликтовые корродированные хромшпинели (иногда в составе магнетит-хлорит-фукситовых агрегатов), аксессуарные апатит, рутил, циркон; в виде единичных зерен отмечаются минералы группы эпидота, гематит, гидрогетит.

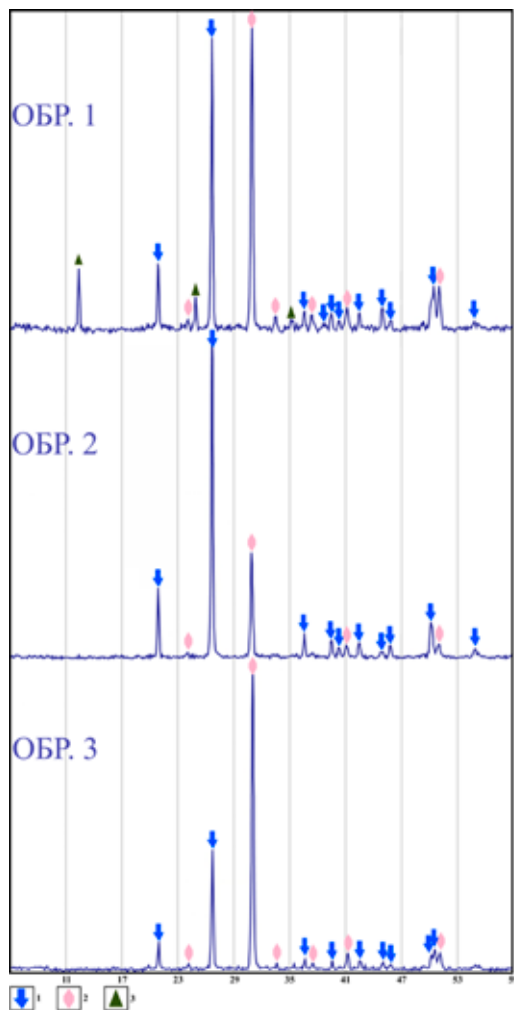


Рис. 3. Результаты рентгенофазового анализа лиственитов Даховского массива: выветрелый лиственит (полосчатый лиственит из выхода на р. Сюк) – обр. 1, типичные листвениты из выходов на руч. Хризопразовый (обр. 2) и руч. Щель (обр. 3). Указаны рефлексы фаз: 1 – кварц, 2 – доломит, 3 – каолинит

Примечательно, что состав хромшпиннелей отличается от типичных для ассоциирующих с лиственитами серпентинитов. Для последних типичны однородные по составу зерна хромитов – субферрихромитов, обрамленные тонкими оторочками магнетита [6], а присутствующие в лиственитах отличаются относительной обогащенностью Fe^{3+} со смещением в область феррихромитов, а также постоянной примесью цинка, магнетитовые оторочки в них отсутствуют. Зерна феррихромитов корродированы, включают многочисленные листочки фуксита. Рудные минералы приурочены к лиственитам и редки в других метасоматитах, отмечаемых в составе ассоциирующих с ними тектонических брекчий. Их вкрапленность тяготеет к железистым разновидностям карбонатов. Представлены преимущественно Со-содержащим миллеритом, герсдорфитом и зигенитом в виде кристаллов размером 0,01–0,02 мм, для которых характерны примеси Fe, Zn, Sb, а также арсенопиритом, галенитом, пиритом, сфалеритом, халькопиритом, редко встречается миметит.

Листвениты подверглись наложенному окварцеванию и пронизаны раннеюрскими баритовыми и кальцитовым прожилками (с флюоритом, галенитом, марказитом и пр.).

Наряду с лиственитами, кальциевые метасоматиты в ассоциации с серпентинитами в Даховском кристаллическом выступе представлены тектоническими блоками пренит-вюаньтитовых (с флогопитом и кварцем) родинитов, заключенных среди серпентинитов в приустьевой части руч. Липового, а также участками эпидотизации в диоритах и гранодиоритах, слагающих прилегающие к Центральному разлому блоки.

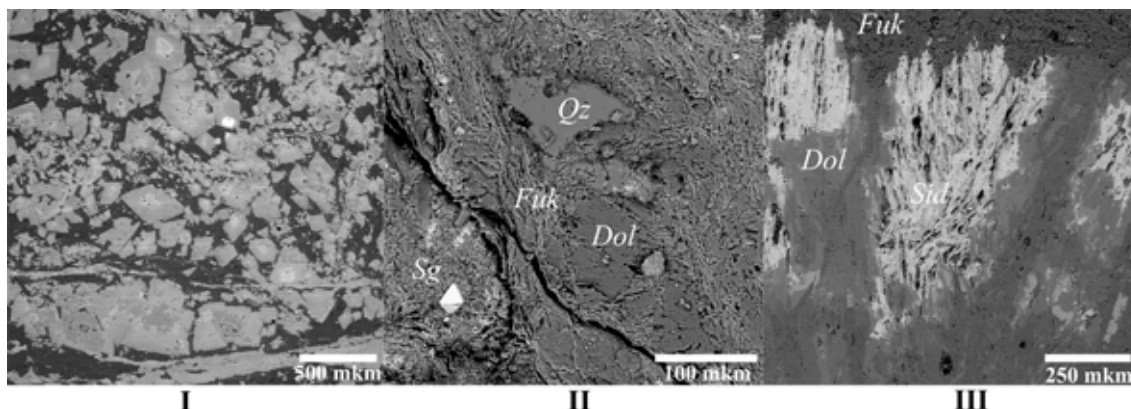


Рис. 4. Структура и минеральный состав лиственитов. Изображение в обратно-рассеянных электронах (BE). Обозначения минералов: Dol – доломит, Fuk – фуксит, Sid – сидерит, Sg – зигенит

Для родингитов примечательно присутствие торита, ураноторита, Th- и Hf-содержащего циркона, алланита-(Ce), Th-содержащего монацита-(Ce), ксенотима-(Y) (что определяет значение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения для них $\sim 0,30\text{--}0,60$ мкЗв/ч при удельной активности $^{226}\text{Ra} \sim 500$ Бк/кг, $^{232}\text{Th} \sim 85$ Бк/кг), для гранитоидов – алланита-(Ce), торита, Th- и Hf-содержащего циркона (и значения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения до $\sim 0,35\text{--}0,42$ мкЗв/ч) [7]. С этими образованиями связано рудопроявление торий-редкометалльной минерализации балки Колесникова на левобережье р. Белой [8]. Отличие состава рудных ассоциаций лиственитов и родингитов указывает на их связь с генетически различными метасоматическими системами.

Заключение

Листвениты Даховского выступа приурочены к области гидротермальной переработки кристаллических пород, где формировались по серпентинитовому протолиту, и их тела контролируются второстепенными разломами, входящими в зону Центрального разлома. Обогащенные калием гидротермальные растворы, генетически связанные с завершающей стадией эволюции герцинских гранитоидных очагов, активно перераспределяли элементы гипербазитов, формируя сульфидную и сульфоарсенидную вкрапленную минерализацию, ведущими минералами которой выступают миллерит, герсдорфит и зигенит. С растворами активно транспортировались также железо, кобальт, цинк, свинец, сурьма, входящие в состав самостоятельных минералов или изоморфных примесей. Состав рудных ассоциаций в лиственитах и родингитах, сопряженных с серпентинитами Центрального разлома, отражает разную

геохимическую специализацию определявших их формирование флюидных систем и, соответственно, их генетическую различность. Связь лиственитизации с контактово-реакционными процессами, вызванными воздействием флюидной системы калиевых гранитов на ультрабазиты, следует рассматривать в качестве положительного минерагенического фактора при оценке перспектив благороднометалльной минерализации, как и интенсивное перераспределение рудных компонентов апогипербазитового протолита.

Список литературы

1. Григорьева А.В., Дамдинов Б.Б., Служеникин С.Ф. Рудная минерализация в ультрабазитах и метасоматитах Оспинско-Китойского массива (Восточный Саян) // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60, № 2. С. 141–163.
2. Плюснина Л.П., Лихойдов Г.Г., Кузьмина Т.В. Золото и флюидный режим лиственитизации // Литосфера. 2009. № 5. С. 85–90.
3. Богущ И.А., Рябов Г.В., Сендецкий И.И., Черкашин В.И. Перспективы рудоносности лиственитов Северного Кавказа (Приэльбрусье) // Геология и геофизика Юга России. 2022. № 12 (3). С. 94–106. DOI: 10.46698/VNC.2022.77.74.006.
4. Богущ 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.
5. Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Гурбанова О.А., Попов С.В. Коллекционные минералы и поделочные камни в ультрабазитах и базитах Северного Кавказа // Вестник Владикавказского научного центра. 2018. Т. 18, № 2. С. 29–35.
6. Попов Ю.В., Пустовит О.Е., Терещенко В.А. Акцессорные хромшпинелиды серпентинитов тектонического меланжа Даховского поднятия (Большой Кавказ) // Геология и геофизика Юга России. 2020. Т. 10, № 2. С. 38–55. DOI: 10.46698/VNC.2020.21.55.003.
7. Попов Ю.В., Бураева Е.А., Цицашвили Р.А. Удельная активность ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th в кристаллических породах Даховского поднятия (Большой Кавказ) // Успехи современного естествознания. 2014. № 9–2. С. 115–119.
8. Волкодав И.Г. Радиоактивные элементы в геологических образованиях Адыгеи // Вестник Адыгейского государственного университета. 2006. № 2. С. 233–236.