

Л. И. ЕФАНОВА (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН),
Т. П. МАЙОРОВА (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН;
СГУ им. Питирима Сорокина),
К. Г. ПАРХАЧЕВА (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

Золотоносные метасоматиты хребта Енганепэ (Полярный Урал)

Впервые приводятся данные о золотоносности метасоматитов на хребте Енганепэ Полярного Урала. Пирит-серицит-кварцевые, пирит-серицитовые и серицитовые метасоматиты развиваются по риолитам и базальтам. Показана связь золотоносности с послемагматическими процессами околотрецинного низкотемпературного метасоматоза. Самородное золото в метасоматитах умеренно-высокопробное (800–900 ‰), типоморфными примесями являются серебро и ртуть. Аналогичное золото ранее обнаружено в россыпях. Обсуждаются вопросы перспективности территории на коренное золото и возможном генетическом типе месторождений золота.

Ключевые слова: метасоматиты, золотоносность, прогноз золотого оруденения, хребет Енганепэ, Полярный Урал.

L. I. EFANOVA (FTC Institute of Geology Komi SC UB RAS),
T. P. MAYOROVA (FTC Institute of Geology Komi SC UB RAS;
P. Sorokin Syktyvkar State University),
K. G. PARHACHEVA (FTC Institute of Geology Komi SC UB RAS)

Auriferous metasomatite from the Enganepe Ridge (Polar Urals)

For the first time, the authors present data on the gold content of metasomatite from the Enganepe Ridge, the Polar Urals. Pyrite-sericite-quartz, pyrite-sericite and sericite metasomatites occur after rhyolite and basalt. The relationship between gold grade and post-magmatic processes of near-fissure low-temperature metasomatism is shown. Native gold in the metasomatite is moderately fine (800–900 ‰); typomorphic impurities are represented by silver and mercury. Similar gold was previously found in placers. Potential of the area for native gold and possible genetic type of gold deposits is discussed.

Keywords: metasomatite, gold grade, forecast of gold mineralization, the Enganepe Ridge, the Polar Urals.

Для цитирования: Ефанова Л. И., Майорова Т. П., Пархачева К. Г. Золотоносные метасоматиты хребта Енганепэ (Полярный Урал) // Региональная геология и металлогения. – 2021. – № 87. – С. 87–101. DOI: 10.52349/0869-7892_2021_87_87-101

Введение. Одним из главных препятствий к устойчивому социально-экономическому развитию Воркутинской опорной зоны Российской Арктики является недостаточная изученность минерально-сырьевого потенциала Полярного Урала и в первую очередь золотоносности Енганепэ-Манитаньрдского района, куда входит и поднятие Енганепэ. В административном отношении район относится к МОГО «Город Воркута» Республики Коми (рис. 1). Доступ к площади хр. Енганепэ осуществляется по вездеходным дорогам. Ближайшие населенные пункты – г. Воркута (60 км) и пос. Елецкий (25 км).

Несмотря на общие черты геолого-структурной обстановки с Манитаньрдским районом, где имеются многочисленные проявления коренного золота [3], поднятие Енганепэ остается слабоизученным. Вместе с тем в этом районе установлены существенные предпосылки коренной

золотоносности: наличие мелких россыпепроявлений, устойчивые шлиховые потоки золота в современном русловом аллювии; знаковые и весовые содержания золота в склоновых делювиальных отложениях и некоторые другие [1; 13].

В последние годы установлены прямые признаки наличия на этой территории коренной золотой минерализации. В результате заверки одной из наиболее перспективных комплексных литохимических аномалий в позднерифейско-раннекембрийских вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщах Л. И. Ефановой с коллегами выявлена зона пиритизации, в которой впервые обнаружено самородное золото. Известно, что золотая минерализация практически всегда сопровождается метасоматическими изменениями вмещающих пород, которые тесно связаны с геолого-промышленными типами месторождений золота. В связи с этим актуальна задача

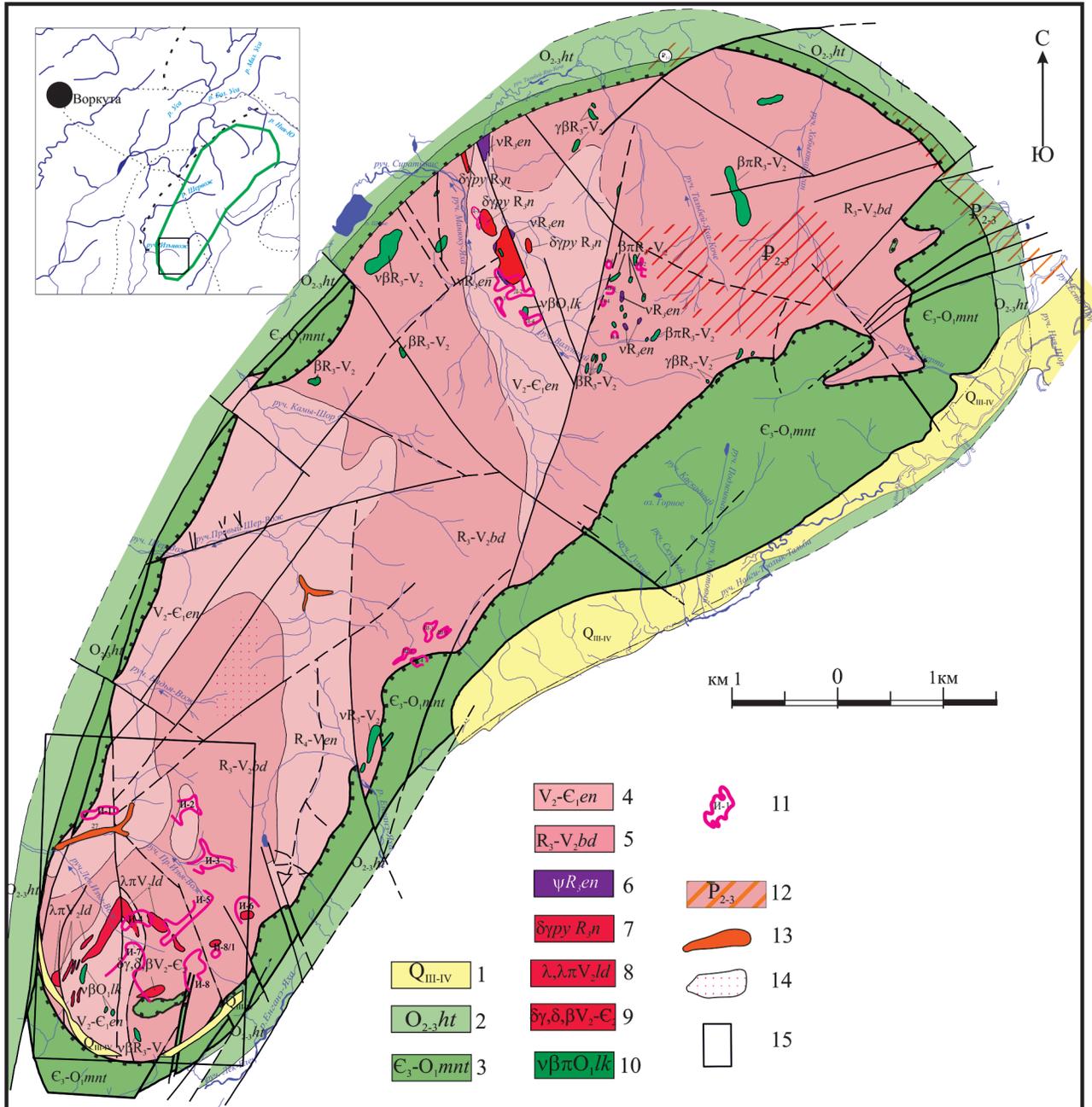


Рис. 1. Геологическая карта хребта Еганепэ. Составлена на геологической основе Б. Я. Дембовского (1983 г.) с использованием материалов А. П. Ермоленко (1988 г.), П. Е. Попова (2005 г.), Л. И. Ефановой (2009 г.)

1 – верхнечетвертичные-современные отложения: глыбы, щебенка, галечники, пески, глины; 2 – хантейская свита: известняки песчаные, «ребристые» и «петельчатые», прослои углистых сланцев, доломиты; 3 – манитаньрдская серия нерасчлененная: конгломераты, гравелиты, кварцитопесчаники, алевролиты, покровы эффузивов щелочно-состав; 4 – еганэпейская свита: алевропсаммитовые сланцы, туфопесчаники, туфоалевролиты, углеродисто-кремнисто-глинистые сланцы; 5 – бедамельская серия: метариолиты, метаандезиты, андезибазальты и их туфы. Интрузивные образования: 6 – еганэпейский комплекс гипербазитовый плутоический: серпентиниты аподеритовые, аопироксенитовые; 7 – нияюский комплекс плутоический: диориты, плагиограниты, гранодиориты; 8 – экструзивно-субвулканические образования кислого состава лядгейского комплекса; 9 – кызыгейский комплекс плутоический: диориты, гранодиориты, плагиограниты; 10 – леквожский габбро-долеритовый гипабиссальный комплекс; 11 – контуры изолиний аномалий золота и название участка: И – Изъявож, Ш – Шервож, Д – Диоритовый, П – Пятнистый; 12 – площадные коры выветривания палеогенового возраста на участке Широкий; 13 – россы-непроявления с весовым содержанием золота; 14 – аллювиальные шлиховые потоки золота; 15 – участок Изъявож

прогнозирования поднятия Енганепэ на коренную золотоносность – выяснение природы гидротермальных изменений вмещающих пород в зоне пиритизации. Решение подобной задачи представляет как научный, так и практический интерес для оценки территории на коренное золото.

В статье использованы авторские материалы прогнозно-поисковых работ на золото в пределах хр. Енганепэ за 2009 год, включающие описание шлифов, результаты атомно-абсорбционных и пробирных анализов на золото, схемы документации горных выработок. Химический, рентгенодифракционный, электронно-микроскопический, рентгеноспектральный анализы выполнены в лабораториях Института геологии Коми НЦ УрО РАН.

Изученность территории. История изучения золотоносности хр. Енганепэ насчитывает не одно десятилетие. Начиная с 1960 г. в процессе геологических съемок В. Н. Гессе, В. П. Водолазским и др. обрасталось пристальное внимание на ореолы измененных пород. Это позволило обнаружить пункты минерализации золота и серебра, меди, полиметаллов, бора, горного хрусталя и шлиховые потоки золота на водотоках территории, что способствовало обнаружению в районе коренных проявлений золота. Исследователи пришли к выводу, что золоторудная минерализация связана с зонами пиритизации, развитыми в доордовикских вулканогенно-осадочных породах, которые рассматривались как источники питания россыпей. Несмотря на бедность содержания золота в минерализованных зонах, авторы рекомендовали дальнейшее их изучение, вскрытие и опробование. Возможность обнаружения богатых участков не исключалась. В 2001–2005 гг. на Воркутинской площади проведены ГДП-200 [1], включавшие изучение россыпного золота хр. Енганепэ и выявившие его типоморфные особенности [6]. В 2007 г. под руководством Л. И. Ефановой проведены литохимические поиски масштаба 1 : 25 000 и ревизия отдельных аномалий небольшим объемом горных выработок.

Геологическое строение района. Енганепэйская брахиантиклиналь представляет собой крупную структуру размером 40 × 12 км с осью, ориентированной в северо-восточном направлении. Северо-западное крыло крутое (угол падения 50°–60°), осложнено взбросо-надвигом, юго-восточное – более пологое (угол падения 30°–40°). Шарнир полого, под углом 10°–15°, погружается к юго-юго-востоку.

В ядре антиклинали выходят позднерифейско-вендские образования бедамельской серии (R_3-V_2bd), представленные базальтами, андезитами, трахибазальтами, их кластолавами и лавобрекчиями, дацитами и их туфами, а также туфоконгломератами и туфогравелитами. Верхняя часть разреза сложена лавами кислого состава, их кластолавами и туфами (рис. 1).

Ядра синклиналей выполнены поздневендско-раннекембрийскими отложениями енганепейской свиты (V_2-E_1en). На юге поднятия Енганепэ, в бассейнах рек Правый и Левый Изъявож и верхнего течения р. Шервож, в разрезе преобладают «глинистые» породы, представляющие собой удаленно-морскую фацию. На севере в бассейнах рек Манюкуяха и Янаскеулектальба существенную роль играют обломочные породы песчаной размерности, вмещающие пачки и отдельные горизонты гравелитов и пудинговых конгломератов (диамиктитов), относящиеся к прибрежно-морской фации.

С угловым несогласием на рифейско-вендско-нижекембрийских отложениях залегает мощная терригенная толща манитаньрдской серии (E_3-O_1mn), сложенная конгломератами, гравелитами, кварцитопесчаниками. Контакт между уралидами и доуралидами обнажен на р. Правый Изъявож.

В пределах антиклинория широко развиты интрузивные образования. К позднерифейским относятся енганепейский гипербазитовый комплекс, экструзивно-субвулканические вулканы нижней толщи бедамельской серии и нияюский плагиогранит-тоналитовый плутонический комплекс; к поздневендским – экструзивно-субвулканические образования кислого состава лядгейского комплекса и кызыгейский плагиогранит-диоритовый плутонический комплекс; к ранне-среднеордовикским – леквожский габбро-долеритовый гипабиссальный комплекс.

Риолиты лядгейского комплекса обладают абсолютным возрастом в интервале 555–547 млн лет, определенным по единичным цирконам U-Pb методом и отвечающим основанию позднего венда [10; 15]. По химическому составу риолиты относятся к нормальному и отчасти умереннощелочному рядам (Na и K-Na сериям), весьма высокоглиноземистые.

В привершинной части горы Южная расположен небольшой массив размером 600 × 250 м, сложенный гранитами и гранодиоритами. С вмещающими вулканитами основного и среднего составов, относящимися к бедамельской серии, гранитоиды имеют «горячие» контакты. Породы перекрыты красноцветными песчаниками манитаньрдской серии. Возраст гранодиоритов, датированный по величине отношения $^{206}Pb/^{238}U$ в цирконах, составил $637,6 \pm 4,5$ млн лет [10].

Участок Изъявож. По результатам проведенной в процессе ГДП-200 в бассейнах рек Правый и Левый Изъявож магнитной съемки масштаба 1 : 25 000, полоса коренных выходов субвулканических риолитов лядгейского комплекса пространственно сопряжена с положительной аномалией магнитного поля субмеридионального простирания. К меридиональной зоне тяготеют также локальные аномалии ртути (по результатам наземной газортутной съемки), приуроченные к полосе выходов субвулканических риолитов (рис. 2). Согласно современным представлениям, ртутные аномалии фиксируют

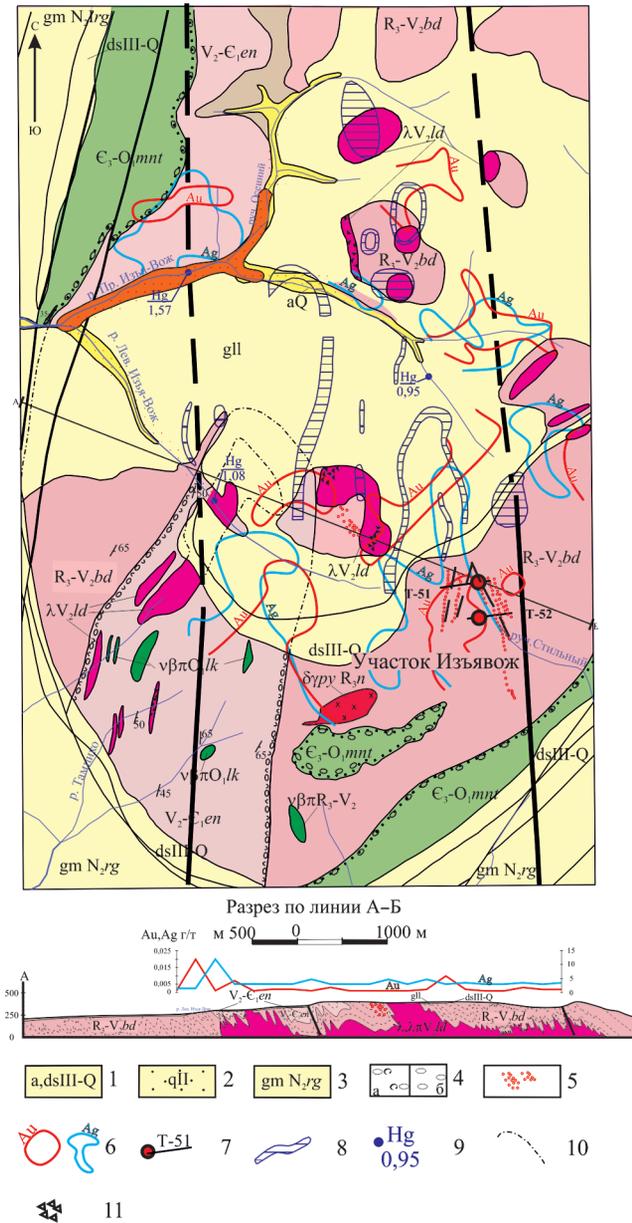


Рис. 2. Схематическая геологическая карта южной части хребта Енганепэ с элементами прогноза. Составлена на основе материалов Б. Я. Дембовского (1983 г.), А. П. Ермоленко (1988 г.), П. Е. Попова (2005 г.)

1 – аллювиальные отложения: валуно-галечные, песчано-гравийные с суглинком и супесью; делювиально-солифлюкционные отложения: глыбы, щебень, суглинки; 2 – моренные отложения: суглинки с глыбами, валунами, щебнем, галькой, дресвой; 3 – роговская свита, ледниково-морские отложения: алевриты, суглинки, глины с мелкой галькой и гравием; 4 – туфоконгломераты, туфогравелиты (а); песчаники, гравелиты, конгломераты (б); 5 – зоны пиритизации; 6 – изолинии золота и серебра по вторичным ореолам рассеяния; 7 – горные выработки и их номера с пунктами повышенных содержаний золота; 8 – контуры ртутно-газовых аномалий; 9 – точки со шлиховым ртутистым золотом; 10 – граница пород под четвертичными отложениями; 11 – эруптивная брекчия риолитов. Ост. усл. обозн. см. на рис. 1

зоны глубинных разломов [5; 14], по которым ртуть, имеющая мантийную природу, привнеслась ювенильными флюидами [7]. И наконец, в указанной полосе выявлено восемь литогеохимических аномалий золота с содержанием от 10 до 50 мг/т с контуром изоконцентрации 9 мг/т. Золоту сопутствуют Cu, Ag, Zn, Pb, As, Ba, Sr, V и др. элементы.

Все приведенные данные свидетельствуют о наличии на площади мощной (шириной не менее 2,5 км) зоны разлома субмеридионального простирания, в пределах которого развиты разновозрастные интрузивные образования и реконструируется несколько фрагментов жерловых аппаратов, восстанавливаемых по наличию пизолитовых туфов кислого состава бедамельской серии со специфической миндалекаменной текстурой (гороховый камень).

В области водораздела, восточнее горы Южная, на площади 1,53 км² зафиксирована комплексная литогеохимическая аномалия, в которой максимальное содержание золота достигает 30 мг/т. Первоначально на месте ее развития обнаружены элювиально-делювиальные развалы пиритизированных вулканитов кислого и основного составов, приуроченные к системе разрывных нарушений субмеридионального простирания. Падение нарушений крутое, западное (250°–270°, угол 60°–85°). В рудных обломках содержание Au достигает 13–54 мг/т. С золотом коррелируются Zn, Pb, Cu, As и Mn.

На месте аномалии пройдены две траншеи (Т-51 и Т-52). Они вскрыли осветленные, обохренные, окварцеванные и пиритизированные пизолитовые туфы, сферолитовые риолиты, базальты, туфопесчаники и туфосланцы, участки интенсивно рассланцованные, и дайки риолитов (рис. 3). На участке большим развитием пользуются тектонические нарушения, визуально сопровождающиеся дроблением пород с образованием катаклазитов и милонитов. В катаклазитах тонкоразмолотая (милонитовая, глинистая) составляющая цементирует линзы и вытянутые обломки пород, сохраняющих элементы простирания разлома и состав исходной породы. Собственно милонит в виде мелкодробленного, рыхлого, рассыпающегося в руках материала, перемежаясь с интенсивно поддробленными породами (катаклазитами), представляет собой «тело» разлома. В бортах и полотно выработок можно видеть чередование блоков относительно монолитного сложения и зон дробления. Мощность зон дробления изменчива – от 2,5–3,4 до 10–32,5 м, их доля составляет 30–40 % изученного разреза. Катаклазиты и милониты пропитаны оксидами и гидроксидами железа, мышьяка, марганца, которые придают им характерные цвета: бурый, желтый, красный, серый, иногда пеструю окраску. Пространственное расположение разноокрашенных разновидностей пород контролируется их слоистостью, сланцеватостью, разрывными нарушениями, приразломными зонами рассланцевания и пиритизацией.

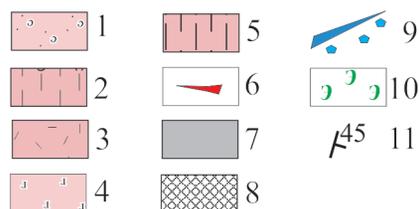
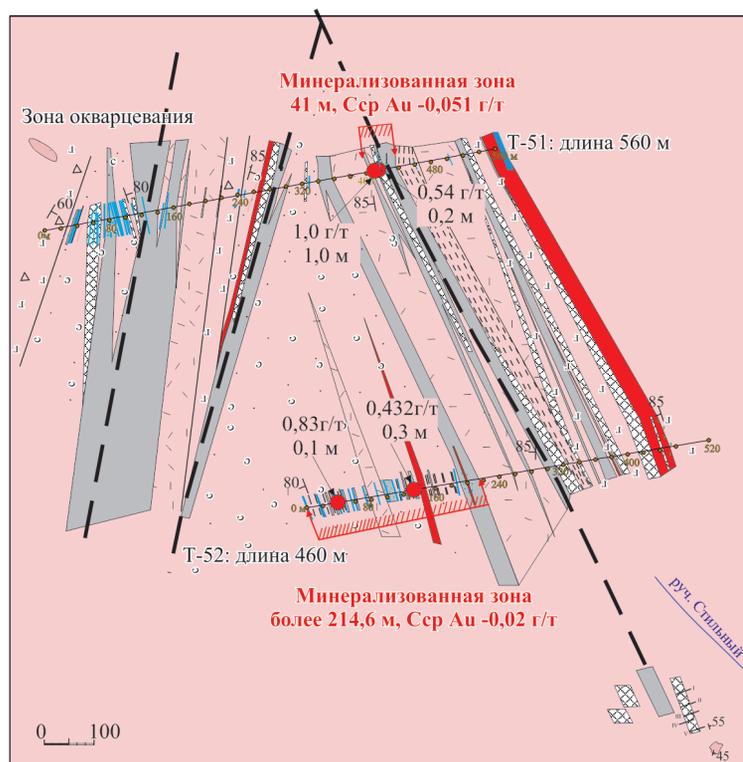


Рис. 3. План участка Изъявож по результатам документации траншей Т-51 и Т-52

1 – туфопесчаники; 2 – туфоалевролиты; 3 – риолиты и апориолитовые сланцы; 4 – мета-базальты и их кластолавы; 5 – темно-серые сланцы; 6 – субвулканические тела риолитов; 7 – тектонические нарушения (милониты и катаклазиты); 8 – пирит-серицит-кварцевые метасоматиты; 9 – кварцевые жилы или их обломки; 10 – эпидотизация; 11 – элементы залегания сланцеватости



Фазовый состав глинистой (милонитовой) фракции был определен при помощи рентгенодифрактометрического анализа неориентированных образцов (дифрактометр Shimadzu XRD-6000, излучение – $\text{CuK}\alpha$ 30 кВ, 20 мА, Ni-фильтр). Преобладающей фазой тонкого субстрата перетертых в зоне разлома пород является иллит (тонкодисперсный, гидротированный мусковит), соизмеримый с ним хлорит, иногда железистый. Из прочих следует назвать кварц и ярозит. Вероятно, наблюдаются псевдоморфозы ярозита по вкрапленным кристаллам пирита. Рентгенофазовый анализ не выявил наличия высокоглиноземистых минералов, в частности каолинита, которые указывали бы на развитие коры выветривания.

Метасоматически измененные породы. Миндалекаменные базальтоиды и сферолитовые риолиты занимают около половины разреза вскрытых выработками пород. Вулканыты прорваны мало-мощными дайками массивных, почти черных субвулканических риолитов. Вулканыты в разной степени пиритизированы и рассланцованы. Мощность визуально наблюдаемых зон пиритизации для кислых пород колеблется от 1–2 до 10–16 м, для основных пород от 0,7–1,4 до 10 м. Пирит образует вкрапленную, прожилково-вкрапленную и гнездовидную минерализацию. Его содержание не превышает одного процента. Такие участки светлоокрашены, сам пирит свежий неокисленный. Однако, судя по широко развитым полям пестроокрашенных милонитов и катаклазитов, пиритизация первоначально была проявлена значительно шире. В западной части траншеи в разрезе преобладают псаммиты с прослоями

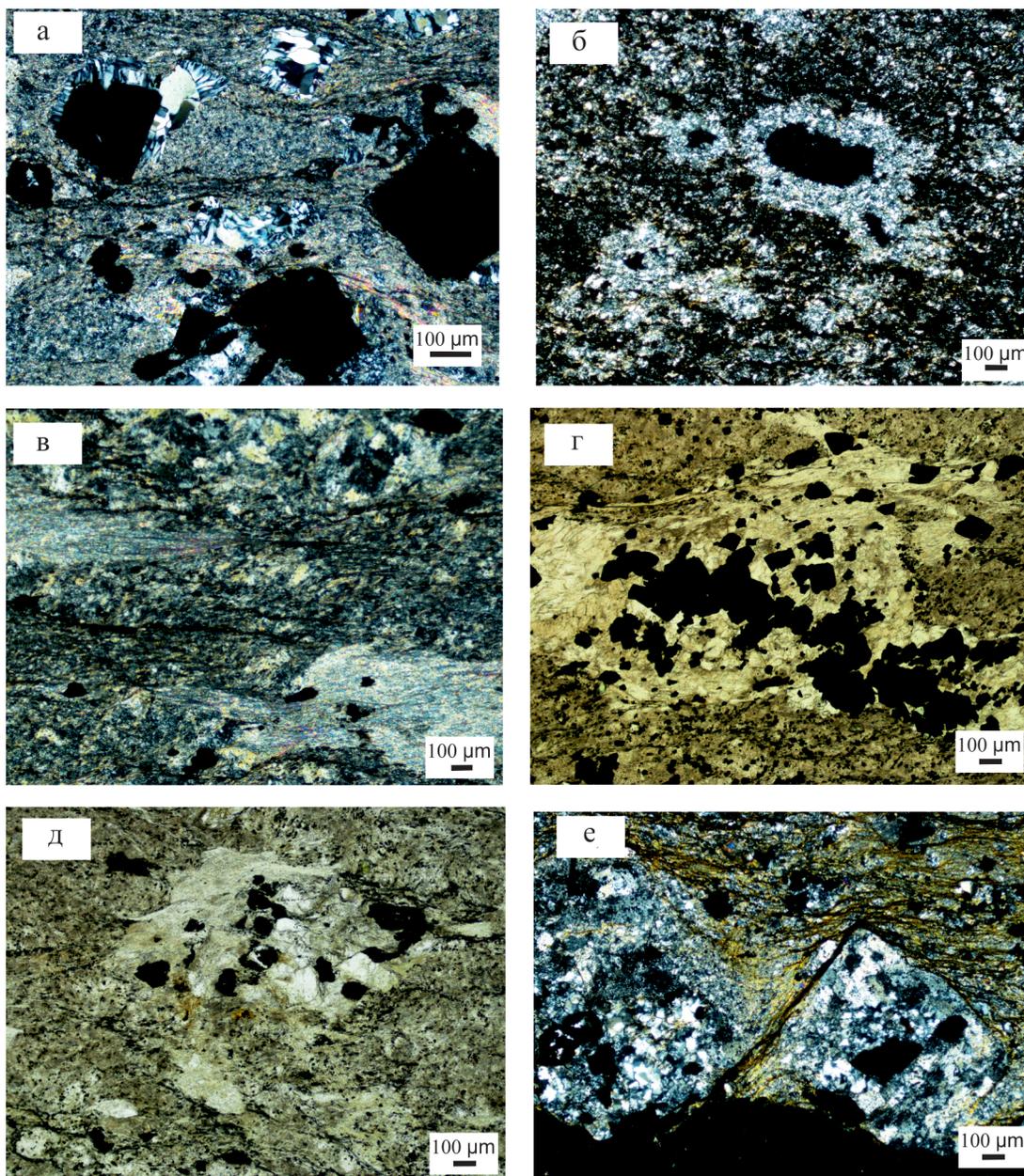
туфогравелитов и темно-серых туфоалевролитов. В разрезе туфогенно-осадочных пород много кварцевых жил.

Все вулканогенные породы бедамельской серии и их субинтрузивные аналоги претерпели региональный метаморфизм фации зеленых сланцев. Первичный минеральный состав не сохранился, а представлен агрегатом новообразованных минералов. От начальных структур и текстур остались реликтовые сферолитовые, флюидалные, миндалекаменные, брекчиевидные и др., на которые наложилась сланцеватая, линзовидно-полосчатая текстура. Породы, претерпевшие метаморфические изменения, правильнее было бы называть с приставкой «мета», однако мы ее опускаем для удобства изложения материала.

Ниже приводится сводное петрографическое описание измененных пород (рис. 4).

Состав пиритизированных пород крайне переменчивый: кварц – 50–90 %, серицит – 15–90 %, хлорит – 0–10 %, турмалин – ед. з. до 1–10 %, лейкоксенизированный рудный минерал – от дес. з. до 3 %, окисленный пирит – от дес. з. до 10 %, циркон и апатит – от ед. з. до дес. з., реже развиты кристаллики гематита и магнетита.

Основная масса сложена тонкозернистым агрегатом раннего кварца, листочков серицита и хлорита, формирующих общий фон породы. Кварц гранобластового строения, обычно более поздний, характеризуется волнистым или мозаичным угасанием, образует каймы вокруг реликтовых зерен кварца или скоплений пирита. Хлорит присутствует в виде многочисленных скоплений розеток размером 0,1–1 мм, обладает густой бурой



окраской, а кроме того, обрастает пиритом и цирконом. Турмалин в переменных количествах или слагает пятна криптозернистых агрегатных скоплений, или встречается в виде изометричных зерен (0,05–0,4 мм), призматические кристаллики турмалина с густой зелено-синей окраской обрастают пирит. Довольно многочисленные скопления лейкоксена, а также образовавшиеся в результате его перекристаллизации титанит и рутил обнаруживают элементы реликтовой решетчатой структуры распада и, вероятнее всего, развиваются по аксессуарному титаномагнетиту. Вкрапленники апатита призматической или почти изометричной формы размером 0,05–0,4 мм рассеяны в основной массе породы или образуют включения в реликтах фенокристаллов плагиоклаза или рудного минерала. В одном из шлифов встречен тонко-мелколистчатый агрегат диаспора. Карбонат редок, но иногда достигает 15 %, образует

разнозернистый агрегат зерен размером 0,1–1 мм, рассеянных или слагающих плотные скопления в виде пятен и линз. Встречается в миндалекаменных породах основного состава.

В большинстве случаев вулканы сохраняют реликтовое порфиоровое сложение. Кварц, альбит, серицит, хлорит с включениями аксессуарных апатита и рудного минерала в виде агрегатных псевдоморфоз замещают фенокристаллы полевого шпата и биотита. В визуально определяемых сферолитовых разностях кварц обнаруживает радиальное погасание, что обусловлено перекристаллизацией сферолитов. Гнездовидные (глазковые?) обособления часто обладают зональным строением – с увеличением зернистости от периферии к центру. Редкие миндалины неправильной формы размером до 0,6 мм сложены агрегатом карбоната, хлорита, серицита и кварца или только кварцем.

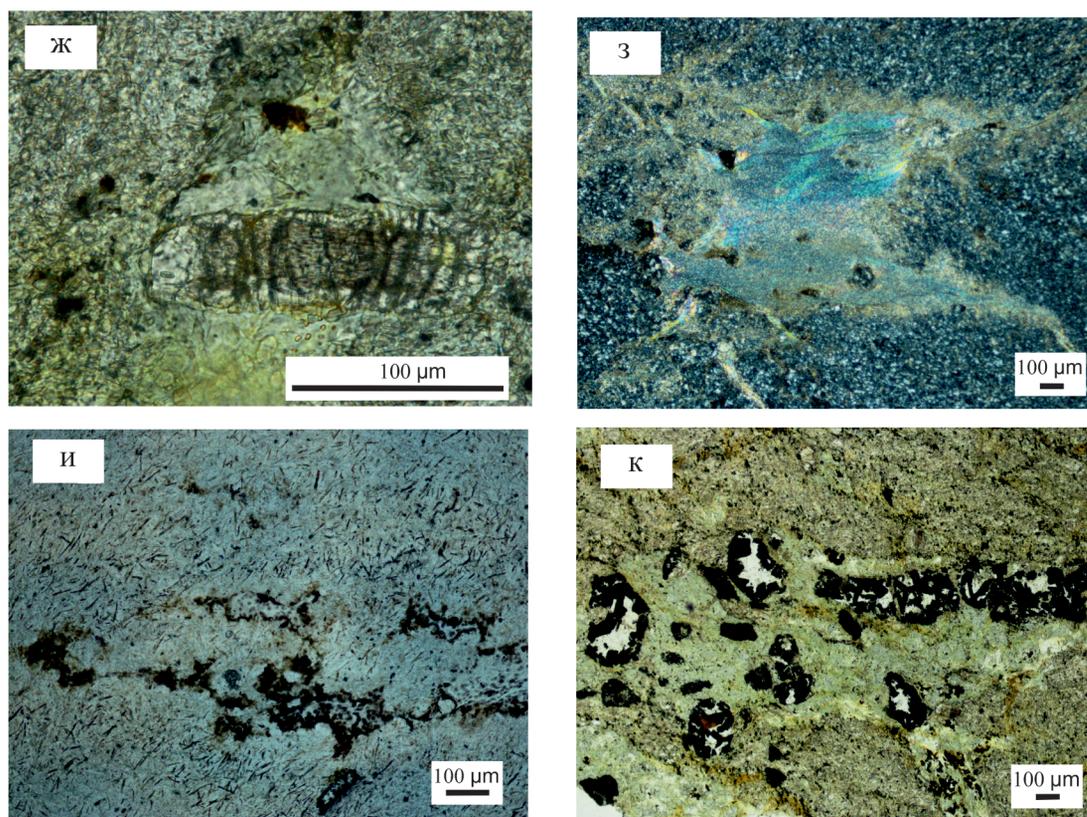


Рис. 4. Детали микроструктур метасоматитов по вулканитам

a – кварц с волнистым (мозаичным) угасанием, нарастающий на кристаллы пирита, здесь же реликты кристаллов пирита, полностью замещенные кварцем, шл. 51396; *b* – элементы кокардовой текстуры, выраженной в нарастании гребенчатого кварца на включения рудного минерала, шл. 51397; *v* – проникновение серицита в кварцево-сланцевую матрицу с полным ее замещением, шл. 51398; *z* – скопления и прожилки позднего пирита, окруженные серицитом и гранобластовым кварцем на фоне рассеянной тонкой пиритовой вкрапленности, шл. 51401; *d, e* – реликты кристаллов пирита, замещенные серицитом (*d*) и кварцем (*e*), шл. 51396 и 401; *жс* – элементы реликтовой решетчатой структуры распада титаномагнетита, шл. 52296; *з* – метасоматическое проникновение серицита в кварц-серицит-хлоритовую матрицу, шл. 52350; *и* – пятна сегрегации титаномагнетита, образующиеся в результате его разрушения с последующими новообразованиями иголок рутила в хлорит-серицит-кварцевом матрице метасоматита, шл. 52350; *к* – кучное и цепочечное расположение рудного минерала, замещаемого кварцем в гнезде хлорита, шл. 52296; *z, d, жс, и, к* – фото без анализатора; *a, б, в, e, з* – фото с анализатором

Кристаллики пирита (0,01–0,3 мм) рассеяны в основной массе породы или образуют цепочечные, кучные, линзовидные скопления. Нередко их обрастает стебельчатый кварц с призмами турмалина или розетками хлорита. Кроме участия в метасоматическом замещении исходной породы кварц выполняет многочисленные прожилки, гнезда, соседствуя с листочками слюды и хлорита.

Известно, что уменьшение числа минералов в метасоматических зонах по мере увеличения интенсивности процесса вплоть до образования мономинеральных зон – наиболее характерная отличительная черта метасоматических процессов [4], что и наблюдается как при визуальном изучении пород, так и описании шлифов.

Результаты микроскопического исследования пород минерализованной зоны в «теле» разлома позволяют сделать вывод, что по риолитам развиваются пирит-кварц-серицитовые, реже пирит-серицитовые метасоматиты, а по базитам – пирит-кварц-хлорит-серицитовые, пирит-серицит-хлоритовые с обязательным присутствием минералов

титана – лейкоксена или рутила. Только наличие последнего позволяет предположить первичный основной состав вулканогенной породы.

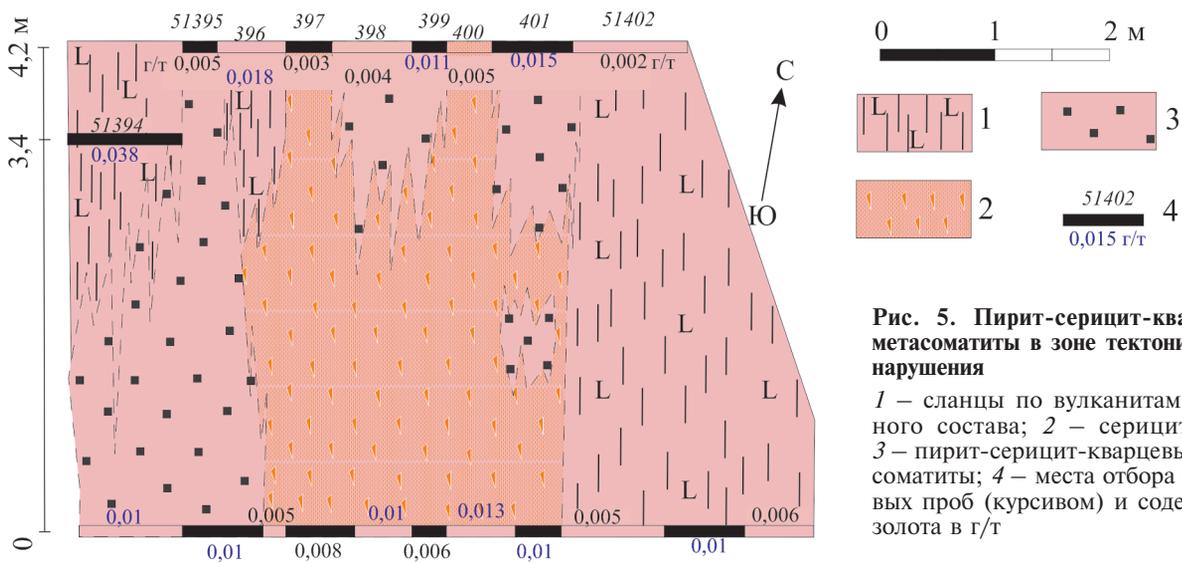
Процесс преобразования минерального состава вулканитов можно обозначить в такой последовательности:

- 1) альбит-ортоклаз-кварц (риолит);
- 2) пирит-альбит-серицит-кварц (апориолитовый сланец);
- 3) пирит-серицит (хлорит)-кварцевые и пирит-кварц-серицитовые метасоматиты;
- 4) серицитолиты.

Образование метасоматитов связано с постмагматическими процессами околотрещинного низкотемпературного метасоматоза [2].

В зоне тектонического нарушения на фоне милонитов (разрушенных серицитолитов) наблюдаются монолитные участки, сложенные более крепкими пирит-серицит-кварцевыми метасоматитами (рис. 5).

Минералого-петрографический анализ и химический состав пород (табл. 1) позволяет



выделить последовательный ряд изменения вулканитов, диагностируемых по высокому (остаточному) содержанию TiO_2 как базальтоиды. Сначала выносятся Na_2O и возрастает SiO_2 (в виде гранобластового агрегата кварца), затем пропорционально накоплению Al_2O_3 меняется содержание K_2O преимущественно в сторону увеличения. Резко возрастает содержание окисного железа, свидетельствующее о преобразованиях пирита (рис. 6, а). В метасоматитах появляется сера.

Подобный ряд изменений вулканитов описан Я. Э. Юдовичем на хр. Малдыбырд (руч. Алькесвож) [16]. В нашем случае эти изменения можно назвать кислотным выщелачиванием (разложение сначала полевых шпатов, затем слюды) и отчасти гидролизом (серицитизация сначала плагиоклаза, а потом и основного матрикса). В итоге из исходных базальтов, содержащих 5–6 % щелочей, получают слюдисто-кварцевые сланцы, в составе которых всего 3–4 % щелочей.

Химический состав метасоматитов, развитых по вулканитам основного состава, мас. %

Таблица 1

Компонент	Номер пробы							Трахитобазальты * вулканиты
	51395	51396	51397	51399	51400	51401	51402	
SiO_2	58,59	62,77	73,78	63,37	70,41	61,10	67,19	50,7
TiO_2	2,13	1,95	1,10	1,71	1,46	1,71	1,86	1,25
Al_2O_3	20,93	20,81	13,44	17,15	14,62	17,43	18,22	16,18
Fe_2O_3	4,72	3,86	4,22	4,69	4,84	5,63	3,37	3,98
FeO	0,87	0,36	0,35	1,32	0,44	1,55	0,2	5,72
MnO	0,01	0,002	0,001	0,016	0,003	0,025	сл,	0,13
MgO	1,10	0,59	0,4	1,26	0,59	1,82	0,4	6,52
CaO	Не обн.	Не обн.	0,1	0,06	Не обн.	0,2	Не обн.	6,72
Na_2O	0,81	0,75	0,51	0,71	0,58	0,61	0,64	2,71
K_2O	3,73	3,85	2,39	2,83	2,61	2,74	3,38	2,54
P_2O_5	0,13	0,15	0,10	0,16	0,11	0,28	0,12	0,24
SO_3	0,42	0,24	0,10	0,20	0,23	0,35	0,11	Не обн.
п.п.п.	6,04	4,38	3,10	5,79	3,62	6,17	3,92	3,14
Сумма с п.п.п.	99,57	99,75	99,62	99,40	99,55	99,80	99,41	99,83
H_2O^-	0,57	0,51	0,47	0,49	0,32	0,52	0,61	Не обн.
CO_2	0,35	0,07	0,20	0,26	0,23	0,11	0,2	Не обн.
$S_{общ}$	2,83	0,06	0,05	3,75	0,11	3,77	Не обн.	Не обн.

Примечание. Силикатные анализы выполнены в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН, аналитики Е. И. Малахова, Т. Д. Косырева. * – по [15].

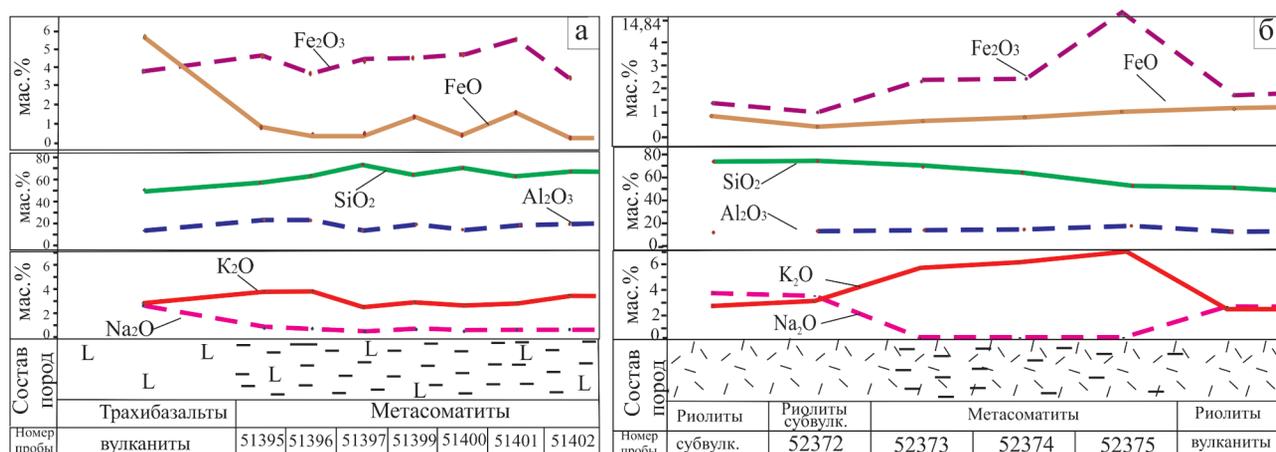


Таблица 2

Химический состав пород в зоне контакта субвулканических риолитов и вулканитов кислого состава бедамельской серии, мас. %

Компонент	Риолиты * суб-вулканические	Риолиты суб-вулканические	Риолиты * вулканические	Метасоматиты по кислым вулканитам		
		52372		52373	52374	52375
SiO ₂	74,4	73,92	75,15	69,26	67,84	52,00
TiO ₂	0,23	0,33	0,17	0,34	0,44	0,34
Al ₂ O ₃	13,5	14,42	12,12	16,71	16,94	18,76
Fe ₂ O ₃	1,38	0,86	1,71	2,18	2,35	14,84
FeO	0,96	0,42	1,03	0,63	0,74	1,16
MnO	0,004	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01
MgO	0,98	0,67	0,38	0,01	1,18	1,09
CaO	0,44	0,2	0,45	0,2	0,2	0,2
Na ₂ O	3,75	3,66	2,48	0,21	0,2	0,21
K ₂ O	2,88	3,03	5,12	5,84	6,02	6,8
P ₂ O ₅	0,05	0,036	0,02	0,049	0,038	0,046
п.п.п.	1,4	1,99	0,70	2,95	3,14	3,68
Сумма с п.п.п.	99,97	99,58	99,35	99,44	99,16	99,25
H ₂ O ⁻	Не обн.	0,31	Не обн.	0,41	0,21	0,45
CO ₂	Не обн.	< 0,1	Не обн.	< 0,1	< 0,1	< 0,1
S _{общ}	Не обн.	0,03	Не обн.	0,03	0,03	0,01

Примечание. Силикатные анализы выполнены в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН, аналитики Е. И. Малахова, Т. Д. Косырева. * – по [15].

контакта в 4 м отмечена неравномерная гематитизация пород с шириной полос вишневого цвета 0,5–1 м, а также многочисленные прожилки гематит-кварцевого состава мощностью от 0,3 до 5 см и даже 40 см. Метасоматическими преобразованиями охвачены только вулканогенные породы бедамельской серии. Процесс метасоматоза выражается в падении SiO_2 и Na_2O , значительном возрастании содержания K_2O и Al_2O_3 , а также Fe_2O_3 (табл. 2, рис. 6, б).

Кроме выше перечисленных разновидностей вулканогенных пород в разрезе отмечается частое переслаивание метаморфизованных туфопесчаников (псефито-псаммитовых полимиктовых или кварц-полевошпатовых граувакк) и темно-серых туфоалевролитов. Породы содержат от 30 до 85 % обломочного материала, который субпараллельно ориентирован, сохранил окатанно-угловатую форму. В целом породы характеризуются хорошей сортировкой обломочного материала: содержание псаммитовой мелкозернистой фракции (0,1–0,25 мм) – 85 %, псаммитовой среднезернистой – 15 %, псаммитовой крупнозернистой (0,5–1 мм) – редкие зерна. Однако встречаются и менее сортированные разности.

В цементе породы присутствует кварц (альбит)-серицит-хлоритовый агрегат, лейкоксен – 1–2 %, рутил – 3 %, пирит – 1–2 %, апатит – дес.з.

Обломки агрегатные хлорит-альбитовые, серицит-хлоритовые со сгустками лейкоксена (эффузивы основного состава). В меньшем количестве присутствуют обломки пород, сложенные тонким альбит-кварцевым агрегатом с серицитом и хлоритом (кислые эффузивы), а также менее многочисленными кварцитами, микропегматитами и гранитоидами. Минералы в обломках представлены реликтовым альбитом, калиевым полевым шпатом и кварцем с единичными листочками зеленой слюды, зерен лейкоксена, циркона. Отмечается присутствие редких непротяженных согласных нитевидных скоплений черного тонкодисперсного материала, возможно, органического происхождения. Развивающийся в породе пирит встречается в виде рассеянных или прожилковидных скоплений, которые нередко обрастают стебельчатым кварцем.

Для туфопесчаников и туфоалевролитов характерны повышенные содержания редких элементов: циркония, ниобия, галлия и скандия, а также накопление элементов, способных образовывать летучие соединения в гидротермальных растворах: мышьяк, олово и бор.

Интересным является факт, что серицитизация, карбонатизация и хлоритизация не типичны для туфопесчаников или, по крайней мере, не отмечены. Для них характерно существенное окварцевание в виде появления кварцевых и гематит-кварцевых жил брекчиевидного облика с ксенолитами пиритовых метасоматитов. Суммарная мощность зон окварцевания достигает 120 м. Разрушенные кварц-хлоритовые и кварц-гематитовые жилы пропитаны гидроксидами железа и имеют мощность от первых сантиметров

до 0,5 и чуть более метра. Рядом с жилами вмещающие породы содержат реликтовые вкрапления выщелоченного или полностью окисленного пирита.

Микроскопически зона окварцевания представляет собой гематит-кварцевую породу с пиритом. Мелкозернистый агрегат зерен кварца (0,05 мм) содержит гнезда, полосы его тонко-микрозернистых скоплений (0,005–0,03 мм), часто пропитанных и окрашенных пелитоморфным черным веществом. Гематит в тонкодисперсном агрегате также неравномерно пропитывает и окрашивает породу, но чаще присутствует в виде бурых, черно-бурых зерен (0,05–0,2 мм) с идиоморфными, ромбовидными сечениями, на которые нарастает стебельчатый кварц. Пирит слагает тонко-мелкозернистый агрегат кристалликов (0,02–0,2 мм), на которые также нарастает стебельчатый кварц. Порода покрыта редкой сетью разноориентированных тончайших трещин, выполненных гематитом. Как видим, при формировании жил отмечается та же возрастная последовательность в развитии генераций кварца и пирита, что и метасоматитов по вулканогенным породам.

Золотоносность участка. В ходе полевых работ проведено бороздовое, задирковое и точечное опробование полотна горных выработок. Содержание Au определялось атомно-абсорбционным методом в аналитической лаборатории горногеологической компании «Миреко» г. Сыктывкар. Из рыжих милонитов и катаклазитов отобраны шлиховые пробы объемом 10–20 л. Почти во всех промытых пробах обнаружено свободное самородное золото в количестве 1–6 знаков на шлик.

По результатам опробования выявлены интервалы с повышенным содержанием золота, приуроченные к полосе развития метасоматически измененных вулканитов и зонам окварцевания в пачке туфопесчаников.

В траншее Т-51 вскрыты рассланцованные сферолитовые риолиты с прослоями бурой глины и пирит-серицит-кварцевые метасоматиты видимой мощностью 41 м, в которых содержание пирита колеблется от 1 до 3 %. В прослоях бурых глин обнаружены обломки сильно осветленных до белых метасоматитов с пустотами выщелачивания пирита и его реликтами с псевдоморфным заполнением кирпично-красной охрой. В разрезе встречаются кварцевые жилы мощностью 0,2–0,3 м. Средневзвешенное содержание золота в 40-метровом интервале пород составило 0,051 г/т при вариации значений от 0,01 до 1 г/т. Единственная проба с содержанием золота 1 г/т отобрана из сильнорассланцованных лимонитизированных апориолитовых сланцев (рис. 7).

Интерес представляет и кварцевая жила мощностью 0,2 м, в которой отмечен трещиноватый и лимонитизированный кварц. Содержание Au в ней 0,54 г/т. С золотом коррелируются слабо-контрастные ореолы Cu, As, Zn, Ag. В полосе развития измененных риолитов содержание бора

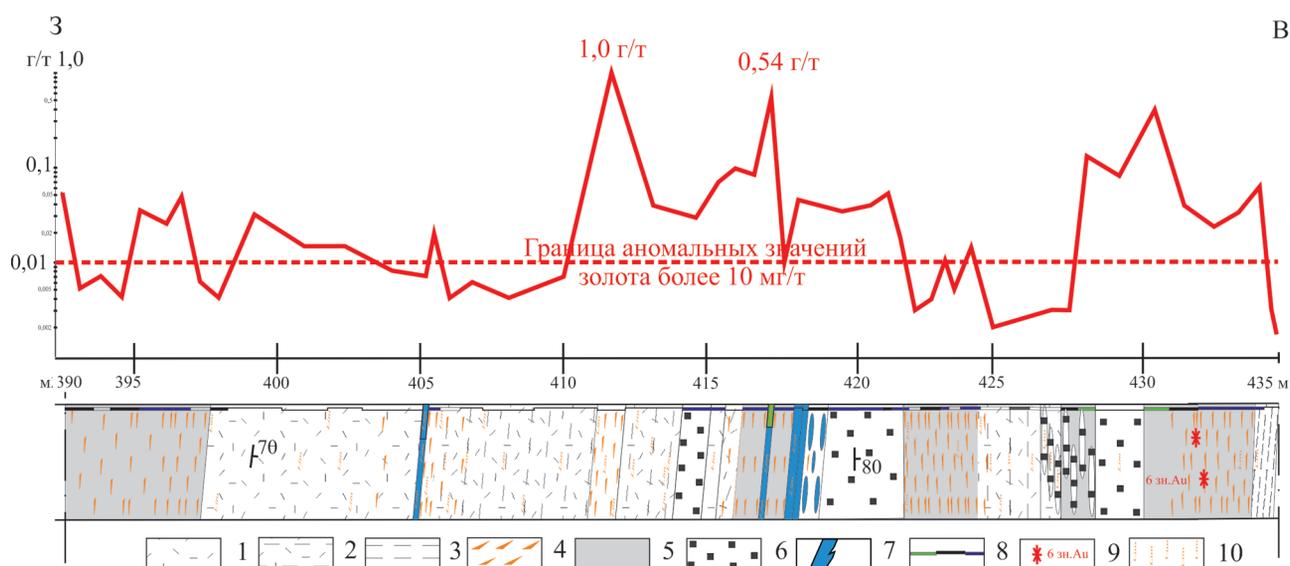


Рис. 7. Распределение содержаний золота в метасоматически измененных риолитах (траншея Т-51)

1 – риолиты; 2 – апориолитовые сланцы; 3 – темно-серые сланцы; 4 – катаклазиты; 5 – серицитолиты; 6 – пирит-серицит-кварцевые метасоматиты; 7 – кварц; 8 – места отбора проб; 9 – знаки золота в мионитах; 10 – лимонитизация

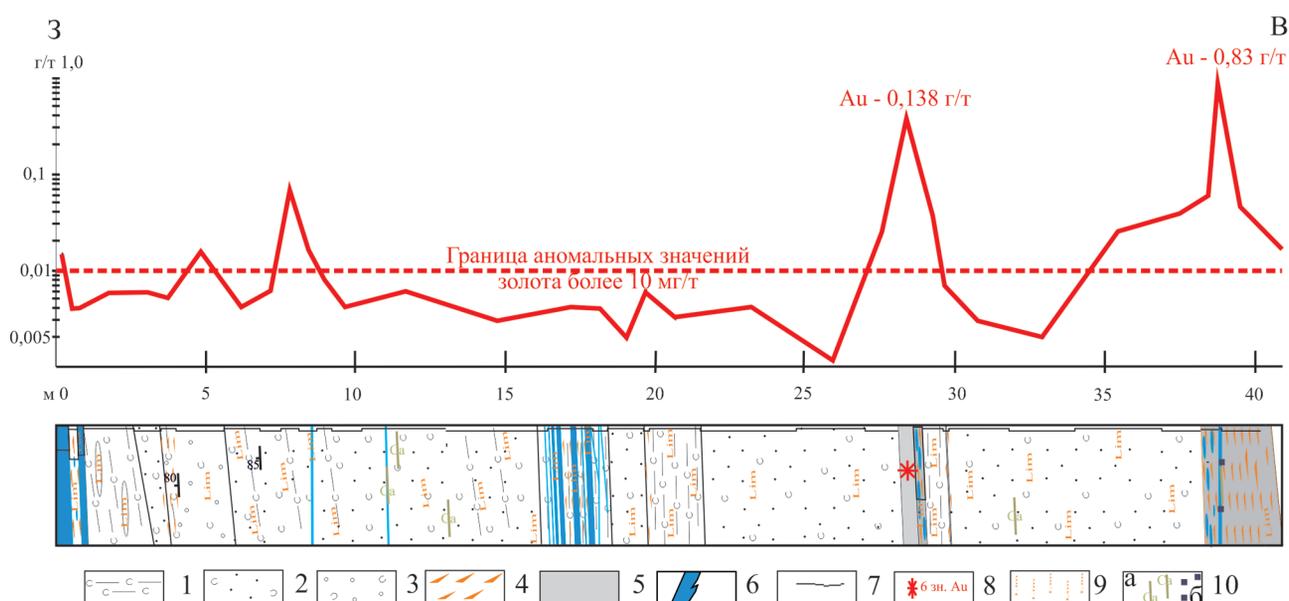


Рис. 8. Вариации содержаний золота в пачке туфопесчаников. Траншея Т-52

1 – туфосланцы; 2 – туфопесчаники; 3 – туфогравелиты; 4 – катаклазиты; 5 – миониты; 6 – кварц; 7 – места отбора проб; 8 – знаки золота в мионитах; 9 – лимонитизация; 10 – карбонатизация (а), пирит (б)

возрастает, что обусловлено повышенными содержаниями турмалина.

Аномальные содержания золота установлены также в окварцеванных туфопесчаниках в траншее Т-52 (рис. 8). Здесь в границах минерализованной зоны (золота 0,01 г/т) на мощность вскрытого разреза 214,6 м средневзвешенное содержание составило 0,02 г/т с вариациями аномальных значений – десятки миллиграмм на тонну (0,01–0,078 г/т), возрастающая в лимонитизированных глинистых зонах дробления до сотен миллиграмм на тонну (0,1–0,432 г/т). С золотом коррелируются Сг, Сu, Pb, As. Наиболее золотоносными следует

признать кварцевые жилы мощностью 5–20 см (Au до 0,83 г/т). Кварц молочно-белый, трещиноватый лимонитизированный, на контакте с вмещающими породами содержит вкрапления пирита (менее 1 %).

Минеральный состав зон пиритизации участка Изъявож. Для изучения состава рудной минерализации были исследованы аншлифы из пород, насыщенных сульфидной минерализацией, псаммитовых туфов, метасоматически измененных эффузивов и кварцевой жилы. Основным рудным минералом в породах является пирит. По данным

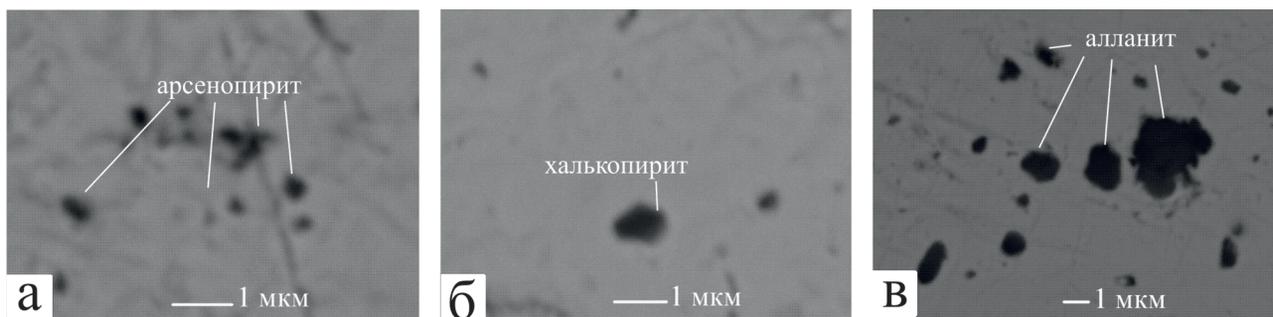


Рис. 9. Микровключения рудных минералов в золотилах

а – группа нановключений арсенопирита; б – халькопирит; в – алланит

минераграфических исследований, пирит образует рассеянно-вкрапленную, прожилково-вкрапленную и гнездовидную формы выделений, встречается в виде кристаллов кубической и кубооктаэдрической формы, иногда гипидиоморфных зерен и ксеноморфных выделений. Размеры кристаллов пирита от 0,03 до 2 мм. Состав пирита чистый, без примесей, отношение S/Fe варьируется от 1,84 до 2,05. В ассоциации с пиритом крайне редко встречается халькопирит и единичные знаки киновари. Во вмещающих породах встречены редкие выделения сфалерита, галенита, акантита, золотистой меди от субмикронных размеров до 0,1 мм, мышьяковистого пирита (1,5–3 мас. % As) и халькопирита со структурами распада пентландита. При исследовании аншлифов золото обнаружено не было, что, вероятно, связано с недостаточной степенью изученности объекта. Во вмещающих породах обнаружена также акцессорная микроминерализация: монацит, ксенотим, циркон, апатит, рутил, алланит, редко барит, размером от микрона до первых десятков микрон. Указанные минералы находятся в тесной ассоциации с хлоритом, кварцем, альбитом, реже серицитом [12].

Ранее установлено [11], что пирит содержит субмикронные (1–15 мкм) сингенетические включения сфалерита, халькопирита, пирротина, блеклых руд (теннантит-тетраэдрит-Zn), твердые растворы сфалерит + халькопирит и пирротин + халькопирит. В пирите установлены микровключения нерудных минералов – апатита, монацита, бадделеита, рутила, хлорита, серицита и кварца. Наиболее широкой микроассоциацией сульфидов характеризуется пирит из апориолитовых сланцев (аншл. 51366), пирит-серицит-кварцевых метасоматитов (аншл. 51401) и туфопесчаников (аншл. 51027). В пирите metabазальтов обнаружен только сфалерит (аншл. 52309), в пирите кварцевых жил – пирротин (аншл. 51035). Однако строгой зависимости состава сульфидной минерализации от состава пород все же не наблюдается.

Особенности самородного золота. Большая часть промытых проб (всего 61) из разрушенных в тектонических зонах пород содержат знаки золота (от 1 до 6). Предыдущими исследованиями

установлено [13; 18], что самородное золото участка Изьявож имеет рудный облик. Размеры золотилов варьируются от 0,05 до 0,3 мм, преобладает весьма мелкое (0,1–0,25 м) – 63 % и тонкое (0,05–0,1 мм) – 32 % золото. Среди морфологических типов выделяются пластинчатые (преобладают), стержневидные, комковатые, реже гемидиоморфные золотиловы, часто с изогнутыми очертаниями и изрезанными краями. Поверхность золотилов преимущественно ровная, плотная и лишь небольшие ее участки обладают пористым, ячеистым и губчатым строением. Из элементов рельефа отмечаются отпечатки ранее сосуществовавших с золотом минералов, разноориентированные серии ступенек, иногда ямки травления. Следов окатанности не наблюдается. Перечисленные признаки, а также состав поверхности золотилов указывают на слабую, начальную стадию его преобразования в гипергенном процессе.

Пробность золота варьируется в широких пределах от 735 до 889 ‰. Преобладает умеренно-высокопробное золото (800–899 ‰) – 94 %, в незначительном количестве присутствует относительно низкопробное (700–799 ‰). В целом преобладает серебристое золото (83 %), значительно реже встречается серебристо-ртутистое (17 %). Основными элементами-примесями в составе золота являются (мас. %): Ag (0,92–19,53) и Hg (0,71–1,48).

В золотилах установлены микронные включения рудных минералов – арсенопирита, халькопирита, а также алланита (рис. 9).

Таким образом, описанное коренное золото метасоматитов по химическому составу и некоторым особенностям морфологии аналогично россыпному золоту аллювиальных отложений водотоков поднятия Енганепэ, в котором, несмотря на в целом более высокую пробность, присутствует и слабоокатанное высокосеребристое (Ag до 29 мас. %), и ртутистое (Hg до 1,6 мас. %) золото [6]. Этими же авторами в шлихах отмечались мелкие самородки золота в сростках с кварцем и знаки киновари.

Заключение. В пределах поднятия Енганепэ наиболее перспективной на коренное золото является меридионально вытянутая разломная

зона, в которой дайки субвулканических риолитов пространственно сопряжены с локальными аномалиями ртути и литогеохимическими аномалиями золота в почвах.

Впервые установленные золотоносные метасоматиты и кварцевые жилы развиваются в кислых жерловых (околокальдерных) фациях вулканических построек позднего рифея – венда в прямой связи с субвулканическими дайками риолитов лядгейского комплекса позднего венда.

Субвулканические риолиты рассматриваются нами как источники тепла метасоматизирующих и рудообразующих флюидов в разломной зоне. Образование метасоматитов связано с постмагматическими процессами околотрещинного низкотемпературного метасоматоза. По мнению некоторых исследователей, щелочные метасоматиты, имеющие большое сходство с установленными в южной части Енганепэ, достаточно широко распространены на Полярном Урале, их образование связано с процессом рифтогенеза. Являясь дорудными образованиями, указанные метасоматиты вмещают разные типы наложенного гидротермального оруденения [17].

Полученной информации пока недостаточно, чтобы достоверно судить о формационной принадлежности золотого оруденения. Однако ряд прямых и косвенных признаков позволяет предположить его принадлежность к эпитермальным золото-серебряным месторождениям, к которым относятся: геологическая позиция золотоносных метасоматитов, их минеральные типы, состав самородного золота, наличие в нем микровключений арсенопирита и халькопирита, ассоциация с золотом типоморфных элементов (Cu, As, Zn, Pb). Типичные представители месторождений этого типа: Карамкен, Хаканджа, Многовершинное, Джульетта, Купол [9] в России, Крипл-Крик и Комшток в США [8].

По аналогии с золото-серебряными месторождениями, которые локализируются в жерловых и околожерловых зонах локальных вулканоплутонических структур, на поднятии Енганепэ следует ожидать появление вокруг субинтрузий риолитов лядгейского комплекса гидротермальных месторождений с богатыми золотом кварцевыми жилами, прожилками и ореолами метасоматических изменений. Поскольку эпитермальные золото-серебряные месторождения отличаются крайней неравномерностью распределения золотого оруденения с образованием бонанцев и столбов с чрезвычайно высокими содержаниями золота, то дальнейшие работы по изучению коренной золотоносности Енганепэ требуют, наряду с прочими, постановки специальных геофизических методов поисков.

Установленные на данный момент содержания золота в метасоматически измененных породах участка Изъявож невысокие, однако непрерывность их концентрации на отдельных довольно протяженных участках представляет большой поисковый интерес, так как свидетельствует о значительном размахе золотого оруденения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Коми в рамках научного проекта № 20-45-110006 р_а.

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000 листа Q-41-V, VI (второе издание) / М. А. Шишкин, О. Н. Малых, П. Е. Попов, Л. С. Колесник. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013.

2. Елисеев Н. А. Метаморфизм. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1959. – 415 с.

3. Ефанова Л. И. Золотоносность Манитаньрдского района и перспективы наращивания ресурсного потенциала (Полярный Урал) / Л. И. Ефанова, С. К. Кузнецов, М. Б. Тарбаев, Т. П. Майорова // Руды и металлы. – 2020. – № 3. – С. 39–51.

4. Жариков В. А. Метасоматизм и метасоматические породы / В. А. Жариков, В. Л. Русинов, А. А. Маракушев, Г. П. Зарайский, Б. И. Омеляненко и др. – М.: Научный мир, 1998. – 492 с.

5. Коваль П. В. Геохимическая активность разломов Байкальской рифтовой системы (ртуть, радон и торон) / П. В. Коваль, Ю. Н. Удодов, В. А. Саньков, А. А. Ясеновский, Л. Д. Адрулайтис // Докл. РАН. – 2006. – Т. 409, № 3. – С. 389–393.

6. Кузнецов С. К., Спиринов А. В. Аллювиальное золото района Енганепэ // Сыктывкарский минералогический сборник. – Сыктывкар, 2003. – № 33. – С. 70–81.

7. Озерова Н. А. Ртутная дегазация земли: геолого-экологические следствия // Ртуть в биосфере: эколого-геохимический аспект: Материалы Международного симпозиума. – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 24–31.

8. Остапенко Н. С., Нерода О. Н. К генезису золото-серебряного месторождения Купол (Северо-Восток России) // Отечественная геология. – 2020. – № 4–5. – С. 39–47.

9. Рудные месторождения СССР: В 3 т. / под ред. акад. В. И. Смирнова. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1978. – Т. 3. – 496 с.

10. Соболева А. А. Свидетельства позднерифейского гранитообразования на территории Полярного Урала / А. А. Соболева, А. Ф. Карчевский, Л. И. Ефанова, Н. Б. Кузнецов // Докл. РАН. – 2012. – Т. 442, № 4. – С. 524–530.

11. Устюгова К. С. Микроассоциация сульфидов в пирите зон вкрапленной минерализации хребта Енганепэ (Полярный Урал) // Материалы II Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых и специалистов, посвященной памяти акад. А. П. Карпинского. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – С. 183–187.

12. Устюгова К. С., Майорова Т. П., Колесник П. А. Золотоносные зоны и околорудные ореолы тонкой сульфидизации колчеданного типа в докембрийских вулканогенных толщах Севера Урала (хребты Манитаньрд, Енганепэ) // Колчеданные месторождения – геология, поиски, добыча и переработка руд: Материалы Всеросс. науч. конф. – Екатеринбург, 2013. – С. 158–162.

13. Устюгова К. С., Ефанова Л. И., Майорова Т. П. Предпосылки коренной золотоносности кряжа Енганепэ (Полярный Урал) // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. Т. III. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. – С. 161–164.

14. Фурсов В. З. Ртутнометрические методы при геологическом картировании и экологических исследованиях. Методическое руководство. – М.: Геокарт, ГЕОС, 2006. – 315 с.

15. Шишкин М. А. Риолитовые комплексы западного склона Полярного Урала / М. А. Шишкин, И. М. Малых, Д. И. Матуков, С. А. Сергеев // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XIV Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар: Геопринт, 2004. – Т. II. – С. 148–150.
16. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Строение зоны межформационного контакта на руч. Алькесвож // Геохимия древних толщ Севера Урала. – Сыктывкар: Геопринт, 2002. – С. 54–67.
17. Юдович Я. Э. Хойдышорский тип медной минерализации на Полярном Урале / Я. Э. Юдович, В. И. Силаев, М. П. Кетрис, А. Н. Шулепова // Геохимия. – 1989. – № 12. – С. 1736–1747.
18. Ustyugova K. Typomorphic features of gold on the Enganepe Ridge (Polar Urals) // The 6th International Siberian Early Career GeoScientists Conference: Proceedings of the conference IGM, IPPG SB RAS & NSU. – Novosibirsk, 2012. – Pp. 131–132.
9. Rudnye mestorozhdeniya SSSR: V 3 t. [Ore deposits of the USSR: In 3 volumes]. Ed.: akad. V. I. Smirnova. Izd. 2-e, pererab. i dop. Moscow, Nedra, 1978, vol. 3, 496 p.
10. Soboleva A. A., Karchevskiy A. F., Efanova L. I., Kuznetsov N. B. Evidence for Late Riphean granite formation in the Polar Urals. *Doklady Earth Sciences*. 2012, vol. 442, no. 4, pp. 524–530. (In Russian).
11. Ustyugova K. S. Mikroassotsiatsiya sul'fidov v pirite zon vkraplennoy mineralizatsii khrehta Enganepe (Polyarnyy Ural) [Microassociation of sulfides in pyrite in zones of disseminated mineralization of the Enganepe Ridge (Polar Urals)]. *Materialy II Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy pamyati akad. A. P. Karpinskogo*. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2011, pp. 183–187. (In Russian).
12. Ustyugova K. S., Mayorova T. P., Kolesnik P. A. Zolotonosnye zony i okolorudnye oreoly tonkoy sul'fidizatsii kolchedannogo tipa v dokembriyskikh vulkanogennykh tolshchakh Severa Urala (khrebtly Manitynyrd, Enganepe) [Gold-bearing zones and near-ore aureoles of fine sulfidization of the pyrite type in the Precambrian volcanogenic strata of the North of the Urals (Manitynyrd and Enganepe Ridges)]. *Kolchedannye mestorozhdeniya – geologiya, poiski, dobycha i pererabotka rud: Materialy Vseross. nauch. konf. Ekaterinburg*, 2013, pp. 158–162. (In Russian).
13. Ustyugova K. S., Efanova L. I., Mayorova T. P. Predposylki korennoy zolotonosnosti kryazha Enganepe (Polyarnyy Ural) [Prerequisites for the native gold content of the Enganepe Ridge (Polar Urals)]. *Geologiya i mineral'nye resursy Evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii: Materialy XVI Geologicheskogo s'ezda Respubliki Komi. T. III* Syktyvkar, 2014, pp. 161–164. (In Russian).
14. Fursov V. Z. Rtutometricheskie metody pri geologicheskom kartirovanii i ekologicheskikh issledovaniyakh: Metodicheskoe rukovodstvo [Mercury Methods in Geological Mapping and Environmental Research. Methodical guidance]. Moscow, Geokart, GEOS, 2006. 315 p.
15. Shishkin M. A., Malykh I. M., Matukov D. I., Sergeev S. A. Riolitovye komplekсы западного склона Полярного Урала [Rhyolite complexes of the western slope of the Polar Urals]. *Geologiya i mineral'nye resursy Evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii: Materialy XIV Geologicheskogo s'ezda Respubliki Komi*. Syktyvkar, Geoprint, 2004, vol. II, pp. 148–150. (In Russian).
16. Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Stroenie zony mezhformatsionnogo kontakta na ruch. Al'kesvozh [The structure of the interformational contact zone on the Alkesvozh stream]. *Geokhimiya drevnykh tolshch Severa Urala*. Syktyvkar, Geoprint, 2002, pp. 54–67. (In Russian).
17. Yudovich Ya. E., Sилаев V. I., Ketris M. P., Shulepova A. N. Khoydyshorskiy tip mednoy mineralizatsii na Polyarnom Urale [Khoydyshorsk type of copper mineralization in the Polar Urals]. *Geokhimiya*, 1989, no. 12, pp. 1736–1747.
18. Ustyugova K. Typomorphic features of gold on the Enganepe Ridge (Polar Urals). *The 6th International Siberian Early Career GeoScientists Conference: Proceedings of the conference IGM, IPPG SB RAS & NSU*. Novosibirsk, 2012, pp. 131–132.

Ефанова Людмила Ивановна – канд. геол.-минерал. наук, ст. геолог, ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН¹. <gmin2004@mail.ru>
 Майорова Татьяна Петровна – канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотрудник, ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН¹;
 Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина (СГУ им. Питирима Сорокина)².
 <mayorova@geo.komisc.ru>
 Пархачева Ксения Геннадьевна – мл. науч. сотрудник, аспирант, ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН¹.
 <ksparhacheva@yandex.ru>

Efanova Ludmila Ivanovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Geologist, FTC Institute of Geology Komi SC UB RAS¹. <gmin2004@mail.ru>

Mayorova Tatiana Petrovna – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher, FTC Institute of Geology Komi SC UB RAS¹; P. Sorokin Syktyvkar State University (P. Sorokin Syktyvkar State University)². <mayorova@geo.komisc.ru>

Parhacheva Ksenia Gennadievna – Junior Researcher, Ph. D. Student, FTC Institute of Geology Komi SC UB RAS¹. <ksparhacheva@yandex.ru>

¹ Институт геологии им. академика Н. П. Юшкина Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН). Ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, Россия, 167982. Institute of Geology of the Komi National Center of the Ural Branch of the RAS (FTC Institute of Geology Komi SC UB RAS). 54 ul. Pervomayskaya, Syktyvkar, Russia, 167982.

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина (СГУ им. Питирима Сорокина). Октябрьский пр., 55, Сыктывкар, Россия, 167000. Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (P. Sorokin Syktyvkar State University). 55 Oktyabrsky prosp., Syktyvkar, Russia, 167000.