

**Золото-сульфидное оруденение в вулканогенно-осадочных породах  
хребта Енганепэ, Полярный Урал**  
(научный руководитель Т. П. Майорова)

Хребет Енганепэ находится в южной части Полярного Урала. В результате работ, проводившихся в 80-е гг. 20 в., на этой территории установлены шлиховые ореолы и мелкие россыпи золота, что позволило отнести район к категории золото-россыпных. Однако, до последнего времени коренных источников золота здесь не было обнаружено. В 2007–2009 гг. на одном из наиболее перспективных Изъявожском участке ЗАО «Голд Минералс» были выявлены комплексные Au-As-Pb-Zn-Cu-Ag аномалии. При их заверке горными выработками была вскрыта зона сульфидной минерализации, в которой впервые обнаружено коренное самородное золото.

В структурном отношении хр. Енганепэ представляет собой брахиантиклиналь, ядро которой сложено древними породами манюкуяхинской свиты, бедамельской серии и енганепэйской свиты ( $R_3$ – $E_1$ ), а крылья – молодыми палеозойскими отложениями. Среди проявлений интрузивного магматизма отмечаются субвулканические тела риолитов лядгейского комплекса, серия мелких массивов кварцевых диоритов няюского комплекса и серпентиниты енганепэйского комплекса [Ефанова и др., 2009].

Зона сульфидизации приурочена к вулканогенным и вулканогенно-осадочным породам бедамельской серии ( $R_3$ – $V_2bd$ ) и енганепэйской свиты ( $V_2$ – $E_1en$ ), по которым развиты пирит-серицит-кварцевые метасоматиты и вторичные кварциты, встречаются немногочисленные кварцевые жилы мощностью до 0.5 м. Зона контролируется субмеридиональным тектоническим разломом, поэтому вмещающие породы частично катаклазированы и милонитизированы. Из милонитов гравитационным методом извлечено несколько десятков знаков золота.

Во время производственной практики 2009 г. автором были отобраны пробы из псаммитовых туфов, метабазалтов, метадацитов и метариолитов, вторичных кварцитов, а также кварцевой жилы. Из них были изготовлены аншлифы, которые изучались сначала на рудном микроскопе, а затем на сканирующем электронном микроскопе JSM-6400 с энергодисперсионным спектрометром «Link» в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН совместно с В. Н. Филипповым. Кроме того, было исследовано золото из милонитизированных пород, переданное геологами ЗАО «Голд Минералс».

Основным минералом зоны сульфидизации является пирит, формирующий рассеянно-вкрапленную, прожилково-вкрапленную и гнездовидную минерализацию. Чаще всего пирит образует кристаллы кубической и кубооктаэдрической формы, реже гипидиоморфные и ксеноморфные выделения размером от 0.03 до 2 мм. По данным микрозондового анализа, состав пирита соответствует теоретической формуле. В пирите установлены включения (1–10 мкм) сфалерита, халькопирита, пирротина и минералов группы теннантита [Устюгова, 2011; Майорова и др., 2011]. По данным фазового дифрактометрического анализа неориентированных и ориентированных образцов милонитизированных пород (дифрактометр Shimadzu XRD-6000, излучение – CuK $\alpha$  30kV, 20mA, Ni фильтр), в них отмечаются пирит, глаукокодот, скородит, халькозин.

В пирите также присутствуют включения апатита, монацита, бадделеита, рутила, хлорита, серицита и кварца размером от 1 мкм до первых десятков микрометров. Аналогичная минерализация характерна и для вмещающих пород. В них также обнаружены монацит, ксенотим, циркон, апатит, рутил, реже барит. Акцессорная минерализация находится в тесной ассоциации с хлоритом, кварцем, альбитом, реже встречается серицит. По данным дифрактометрического анализа в милонитах установлены кварц, иллит, хлорит, в том числе железистый.

*Монацит* в породах образует индивидуальные выделения и встречается в сростках с ксенотимом или пиритом, а также в форме микровключений в пирите (рис. а–г). Форма зерен преимущественно неправильная, реже изометричная, размер обычно составляет первые микрометры, максимально – около 10 мкм. Монацит характеризуется переменным составом. Обобщенная формула:  $(\text{Ce}_{0.48}\text{La}_{0.19}\text{Pr}_{0.06}\text{Nd}_{0.24}\text{Sm}_{0.04}\text{Gd}_{0.02}\text{Th}_{0.01})[\text{PO}_4]$ . Спорадически фиксируется Dy (0.19 и 0.29 мас. %). Микрозондовый анализ выявил небольшие количества Fe, Ca, K, Al, Si, что объясняется влиянием силикатной матрицы.

*Ксенотим* в виде самостоятельных выделений или в сростках с монацитом и пиритом присутствует во вмещающих породах (рис. б, д, е). Зерна размером 3–5 мкм характеризуются неправильными формами, в единичных случаях отмечаются кристаллографические очертания. Минерал характеризуется переменным составом и также содержит широкий набор примесей редкоземельных элементов. Обобщенная формула:  $(\text{Y}_{0.81}\text{Gd}_{0.05}\text{Dy}_{0.08}\text{Er}_{0.04}\text{Yb}_{0.02})[\text{PO}_4]$ . Реже отмечаются Sm (0.12–0.16 мас. %), Ho (0.30–0.42 мас. %), в единственном случае Tb (0.28 мас. %). Присутствие в анализах Fe, Ca, K, Ti, Mg, Al объясняется влиянием силикатной матрицы.

*Бадделеит* образует микро- и нановключения (1 мкм и менее) субизометричной формы и встречен только в пирите (рис. ж). Идентификация бадделеита проведена по химическому составу и заверена энергодисперсионным спектром. Элементы-примеси не обнаружены. *Циркон* встречается в форме удлиненных тетрагонально-призматических кристаллов (рис. з) размером 2–5 мкм. Во всех проанализированных зернах присутствует примесь Hf (0.24–0.26 мас. %). *Рутил* в породах образует выделения игольчатой (рис. и), а в пирите изометричной формы (рис. к) размером от 1–2 до 50 мкм. В его составе установлена примесь V (0.17–0.4 мас. %). *Апатит* встречается в виде мелких включений в пирите и вмещающих породах (рис. л, м). Он образует короткостолбчатые и толстотаблитчатые кристаллы, а также их сростки. В пирите его размеры составляют 3–5 мкм, во вмещающих породах отмечаются крупные выделения до 60 мкм. Минерал содержит Mn (0.33–0.37 мас. %) и Sr (0.18–0.19 мас. %).

При исследовании аншлифов золота в пирите и во вмещающих породах не обнаружено. Оно было изучено в пробах из милонитизированных интервалов вулканогенно-осадочной толщи. *Золото* – мелкое, его размеры составляют 0.05–0.3 мм. Среди изученных зерен присутствует идиоморфное (2 %), гемиидиоморфное (17 %) и ксеноморфное – стержневидное (11 %), комковатое (28 %), пластинчатое (39 %) – золото. Поверхность золотин преимущественно ровная, плотная, только на небольших участках имеет место ячеистое, пористое и губчатое строение. Из элементов рельефа можно отметить отпечатки других минералов кубической и гексагональной формы, борозды и валики вдоль границ отпечатков, параллельные ступеньки роста. Золото имеет рудный облик, участки с частично растворенной поверхностью указывают на начальную стадию его преобразования в гипергенном процессе.

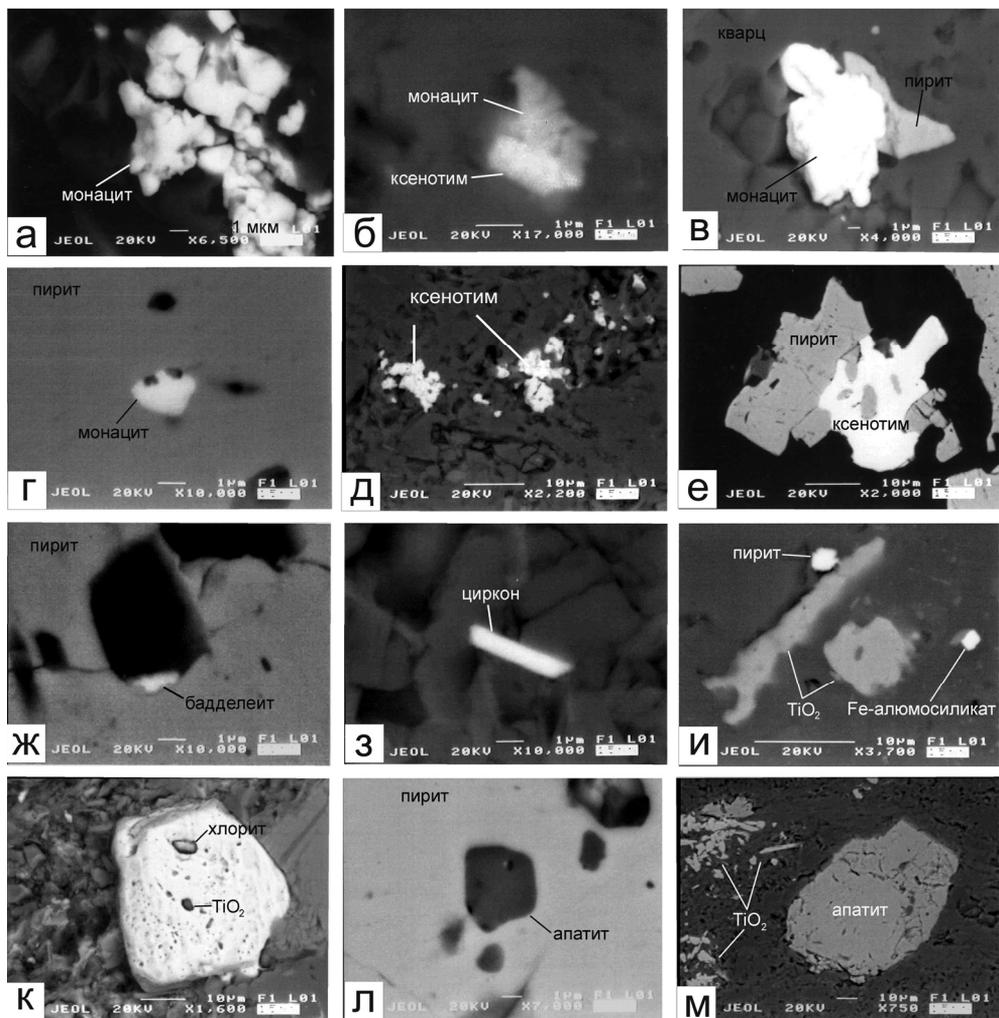


Рис. Микровключения в пирите и вмещающих породах: а – монацит в кварце, б – сросток монацита и ксенотима, в – сросток монацита и пирита, г – монацит в пирите, д – ксенотим с хлоритом, е – сросток ксенотима с пиритом, ж – бадделейт в пирите, з – циркон в хлоритом, и – рутил во вмещающей породе, к – рутил в пирите, л – апатит в пирите, м – апатит во вмещающей породе.

Анализ химического состава золота проводился в искусственном аншлифе в центре, краевой части и на поверхности выделений при изучении их морфологии. Основными элементами-примесями в золоте являются Ag и Hg. Содержание Ag колеблется в широких пределах – от 9.59 до 27.00 мас. % в центральной части зерен и от 11.28 до 27.34 мас. % по краю. На поверхности золотин разброс содержаний Ag составляет от 0.92 до 28.11 мас. %. Отмечается тенденция незначительного увеличения содержания Ag, т.е. понижение пробыности, к краю золотин, что характерно

именно для коренного золота. Содержание Hg варьирует от 0.71 до 1.67 мас. %, при этом не наблюдается большого разброса значений в разных участках выделений. Примесь Си в количестве от 0.59 до 3.84 мас. % установлена только в нескольких анализах, проведенных по поверхности зерен, и характерна для высокопробных участков.

Пробность золота варьирует в широких пределах от 735 до 889 ‰. Преобладает умеренно-высокопробное золото (800–899 ‰) – 94 %, в незначительном количестве присутствует относительно низкопробное (700–799 ‰) – 6 %, на поверхности встречаются отдельные высокопробные участки. Пробность золота по зернам и по их поверхности практически не отличается, за исключением небольших участков высокопробного золота вблизи скоплений гидроксидов железа, что также говорит о начальной стадии его гипергенного преобразования. Преобладает серебристое золото (70 %), значительно реже встречается серебристо-ртутистое (17 %), а изредка медистое и серебристо-медистое (8 и 4 % соответственно).

При электронно-микроскопическом изучении золотин обнаружены многочисленные включения других минералов на их поверхности, внутри зерен и в сростках с ними. Среди включений в самом золоте диагностированы халькопирит и арсенопирит, в сростке с ним – алланит. На поверхности золота установлены сульфиды (халькопирит), нерудные (альбит, слюды, оливин(?), гранат(?), кварц) и вторичные минералы (скородит, гидроксиды железа, арсенаты висмута и свинца).

Проведенные исследования показывают, что зоны пиритизации в докембрийских вулканогенно-осадочных породах южной части хребта Енганепэ характеризуются разнообразной полисульфидной, редкоземельной и благороднометальной микроминерализацией. Вопрос о сингенетичности пиритовой и нерудной минерализации не решен окончательно, но мы склоняемся к выводу, что данная микроассоциация обусловлена составом гидротермального раствора, т.к. для всех типов пород зоны она сохраняется неизменной. Благороднометальная минерализация относится к золото-сульфидному типу, а типоморфной особенностью золота является присутствие в нем примеси ртути.

*Работа выполнена при поддержке проектов УрО и ДВО РАН № 12-С-5-1006, Президиума РАН № 12-Р-5-1027.*

## Литература

*Ефанова Л. И., Симакова Ю. С., Артеева Т. А., Донцов А. Б.* Мезозойско-кайнозойские коры выветривания на хребтах Манитаньрд и Енганепэ // Геология европейского севера России. Сыктывкар, 2009. Сб.7. С. 29–38 (Тр. Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 125).

*Майорова Т. П., Устюгова К. С., Филиппов В. Н.* Микроминерализация в зонах пиритизации докембрийских пород Енганепэ-Манитаньрдского золоторудного района и условия ее формирования (Полярный Урал) // Минералогические перспективы. Мат. междунар. минер. семинара. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 230–231.

*Устюгова К. С.* Микроассоциация сульфидов в зоне вкрапленной минерализации хребта Енганепэ (Полярный Урал) // Мат. II междунар. науч.-практ. конф. мол. уч. и спец., посв. пам. акад. А. П. Карпинского. СПб: ВСЕГЕИ, 2011. С. 183–187.