

Вознесенское месторождение золота (Южный Урал): геохимия магматических пород, минералогия и PT параметры образования околорудных метасоматитов

S.E. Znamensky, N.M. Znamenskaya
Institute of Geology UFSC RAS, Ufa, Russia

Voznesenskoe gold deposit (South Urals): geochemistry of igneous rocks, mineralogy and PT parameters of the formation of wall-ore metasomatic rocks

Abstract. Gold mineralization of the Voznesenskoe deposit (South Urals) is associated with parallel dikes of ophiolitic association of the harzburgite type, which formed in a back-arc basin of a frontal paleoisland arc, most likely, of the Late Emsian age. Two types of metasomatic rocks are recognized at the deposit: 1) propylites, which compose the outer zones of a metasomatic halo, and 2) beresites-listvenites, which are common for its internal parts. The major minerals of propylites include amphibole (Mg-hornblende and actinolite), orthoclase, albite and ripidolite. The crystallization temperature of ripidolite (307–313 °C) corresponds to a temperature range of the formation of propylites of the albite-actinolite facies. Beresites-listvenites (quartz, albite, chlorite, white mica and carbonate) formed at temperatures of 255–338 °C and pressure of 0.48–0.72 kbar. Light mica includes sericite and phengite and carbonates comprise an assemblage of calcite and dolomite-ankerite. Based on the composition and time of the formation, chlorite is subdivided on early ferruginous ripidolite and late pycnochlorite. Gold mineralization is focused in the highest-temperature zones of the beresites-listvenite alteration halo. These temperature conditions were typical of dikes and their contact zones disturbed by faults.

Вознесенское месторождение золота, известное в архивных материалах также как Калкановское [Бородаевский, 1933ф], расположено в зоне Главного Уральского разлома на северном замыкании Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Оно локализовано в зоне серпентинитового меланжа, обрамляющего с востока Калканский гарцбургитовый массив. В зоне меланжа месторождение приурочено к блоку, представляющему собой фрагмент коровой части разреза островодужной офиолитовой ассоциации гарцбургитового типа [Знаменский, Знаменская, 2022]. Золоторудная минерализация ассоциирует с комплексом параллельных даек. Такая геодинамическая обстановка является необычной для месторождений золота Южного Урала и не описана в опубликованной литературе [Сазонов и др., 2001; Знаменский, 2009; Znamensky et al., 2015].

Разрез офиолитов в рудоносном блоке формируют такситовые габброиды и вулканогенные породы, интродуцированные серией субпараллельных даек. В зоне контакта вулканитов и габброидов часто присутствуют линзы серпентинитов. Габброиды, как правило, сильно дислоцированы. Вулканиты и породы дайковой серии деформированы значительно слабее.

Габброиды имеют неоднородное шпирово-полосчатое строение, обусловленное чередованием полос и включений, которые сложены габброноритами, габбро и их роговообманковыми разновидностями, а также плагиоклазовыми клинопироксенитами. Такситовые габброиды изучены во многих гарцбургитовых массивах Урала, где они занимают нижнекоровую часть офиолитового разреза [Савельева, 1987].

Вулканогенные породы представлены афировыми и преобладающими плагиофировыми и пироксен-плагиофировыми базальтами и андезибазальтами с толеитовой, реже вариолитовой основной массой, долеритами с офитовой структурой, а также гравийно-псаммитовы-

ми литокристаллокластическими туфами основного состава. По данным бурения, мощность толщи эффузивных и пирокластических пород составляет 150 м.

Комплекс субпараллельных даек представлен плагиофировыми и пироксен-плагиофировыми габбродолеритами, габбродиоритами, и крайне, редко кварцевыми диоритами. Мощность отдельных даек достигает 30 м.

Вулканыты и породы даек, имеющие нормальную щелочность и преимущественно толеитовый состав, обладают геохимическими характеристиками надсубдукционных образований. На Южном Урале по химическому составу они сопоставимы с вулканогенными породами баймак-бурибаевской свиты (D_1e_2), образующими в пределах Магнитогорской палеостровной системы фронтальную островную дугу [Серавкин и др., 1992] и вмещающими на ее южном фланге колчеданное оруденение. Вместе с тем, вознесенские породы обладают и рядом отличительных особенностей, которые, по-видимому, в значительной мере обусловлены геодинамической обстановкой их формирования. В частности, рудовмещающие эффузивы и дайки отличаются от вулканитов колчеданноносных комплексов повышенным содержанием Ti, отсутствием бонинитов и кремнекислых вулканитов, а также преобладанием порфирировых типов пород. Анализ геохимических данных с использованием диаграмм V-Ti и La_N/Sm_N-TiO_2 дает основание предполагать, что ассоциация основных вулканитов и рудоносных даек габбродолеритов, габбродиоритов и диоритов Вознесенского месторождения образовалась в задуговом бассейне фронтальной островной дуги.

На месторождении разведано несколько рудных тел, представляющих собой линейные зоны прожилково-вкрапленной сульфидной и прожилковой сульфидно-кварцевой минерализации, которая концентрируется в дайках и их экзоконтактных зонах. Контакты даек часто нарушены синрудными разрывами. Выявлены метасоматические породы двух типов: 1) пропилиты, слагающие внешние зоны околорудного ореола, и 2) березит-листвениты, распространенные в его внутренних частях [Знаменский, 2023]. Значительную часть метасоматического ореола составляют переходные зоны, в пределах которых развиты минеральные ассоциации как пропилитов, так и березит-лиственитов. Золоторудная минерализация локализована в березит-лиственитах.

По данным петрографических и электронно-микроскопических исследований, основными минералами пропилитов являются амфибол, ортоклаз, альбит и хлорит. В незначительных количествах присутствуют также кварц, титанит, рутил, ильменит, иногда пирит, кобальтин, апатит и карбонат. Амфибол представлен двумя генерациями, к ранней из которых относятся магнезиальная роговая обманка, а к поздней – актинолит. Изменение состава амфибола, по-видимому, отчасти связано с падением температуры в процессе минералообразования. На это косвенно указывает более низкое содержание Ti в актинолите по сравнению с роговой обманкой. Согласно экспериментальным исследованиям и эмпирическим наблюдениям [Femenias et al., 2006], содержание Ti в амфиболе является функцией температуры и уменьшается при ее падении. Хлорит пропилитов по химическому составу отвечает рипидолиту. Температура его кристаллизации, рассчитанная с помощью хлоритового геотермометра [Kranidiotis, MacLean, 1987], составляет 307–313 °C, что соответствует диапазону температур образования пропилитов альбит-актинолитовой фации [Метасоматизм..., 1998].

Породообразующими минералами березит-лиственитов являются кварц, альбит, хлорит, светлая слюда и карбонат. Светлая слюда представлена серицитом и фенгитом, а карбонат – парагенезисом кальцита и доломит-анкерита. В виде редких мелких чешуй присутствует биотит, генетическая природа которого не ясна и требует дальнейшего изучения. Акцессорные минералы, также как и в пропилитах, представлены титанитом, апатитом, рутилом и ильменитом. Здесь появляется монацит. Апатит содержится в березит-лиственитах в значительно большем количестве. По данным хлоритового геотермометра [Kranidiotis, MacLean, 1987] и

доломит-кальцитового геотермобарометра [Таланцев, 1981], березит-листвениты образовались при T 255–338 °С и P 0.48–0.72 кбар.

Хлорит березит-лиственитов по химическому составу и времени кристаллизации разделяется на две разновидности, ранняя из которых представлена железистым рипидолитом, а поздняя – пикнохлоритом, обедненным Fe и обогащенным Si. Скорее всего, такое изменение состава хлорита объясняется падением температуры в процессе минералообразования и, возможно, ростом активности сульфидной серы во флюиде, обусловившем преимущественное вхождение Fe не в хлорит, а в сульфидные минералы.

По сравнению с хлоритом пропилитов рипидолит березит-лиственитов существенно обогащен Fe и обеднен Mg и имеет более высокую температуру формирования (333–338 °С). Установлены вариации состава пикнохлорита по латерали, выражающиеся в увеличении в нем по мере удаления от рудных тел содержания Si и в уменьшении количества Al в тетраэдрической позиции. Подобные изменения химического состава хлорита выявлены Э.М. Спиридоновым [2010] для метасоматитов березит-лиственитовой формации плутоногенных месторождений золота северной части Центрального Казахстана. Латеральная зональность по составу пикнохлорита связана с падением температуры на периферии ореолов березит-лиственитовых изменений. Температура образования хлорита (рипидолита и пикнохлорита), распространенного в пределах рудных тел, оценивается в 287–333 °С, тогда как пикнохлорита, развитого за пределами рудных интервалов – 255–280 °С. Следует отметить, что рассчитанные величины температуры отложения хлорита рудных зон совпадают с модельными величинами температуры образования доломит-анкерит-кальцитового парагенезиса тех же зон (288–334 °С), что дает основание полагать, что эти значения близки к истинной температуре минералообразования. Таким образом, наиболее высокотемпературная обстановка в процессе березитизации-лиственитизации существовала в рудовмещающих дайках и их экзоконтактных зонах, нарушенных разрывами.

Полученные данные по температуре и давлению свидетельствуют о формировании Вознесенского месторождения на гипабиссальном уровне. Значения давления (0.48–0.72 кбар) использованы для оценки примерной глубины формирования месторождения. С учетом повышенной плотности мафит-ультрамафитовых пород зоны Главного Уральского разлома при литостатических условиях она может составлять 1.5–2.5 км.

Литература

Бородаевский Н.И. Материалы по геологии месторождений золота и меди Учалинского и Миаского районов. Башкирский РГФ, 1933. 144 с.

Знаменский С.Е. Структурные условия формирования коллизионных месторождений золота восточного склона Южного Урала. Уфа: Гилем, 2009. 348 с.

Знаменский С.Е. Минералогия и P-T условия образования метасоматических пород Вознесенского месторождения золота (Южный Урал) // Литосфера. 2023. № 3. С. 430–446.

Знаменский С.Е., Знаменская Н.М. Вознесенское золоторудное месторождение (Южный Урал): геологическое строение, геохимия рудовмещающих пород, геодинамические условия образования // Литосфера. 2022. № 3. С. 391–403.

Метасоматизм и метасоматические породы / Под ред. В.А. Жарикова. М.: Научный мир, 1998. 492 с.

Савельева Г.Н. Габбро-ультрабазитовые комплексы офиолитов Урала и их аналоги в современной океанической коре. М.: ГИН АН СССР, 1987. 246 с.

Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А. Месторождения золота Урала. Екатеринбург: УГГА, 2001. 622 с.

Серавкин И.Б., Косарев А.М., Салихов Д.Н. и др. Вулканизм Южного Урала М.: Наука, 1992. 197 с.

Спиридонов Э.М. Обзор минералогии золота в ведущих типах Au минерализации // Золото Кольского полуострова и сопредельных регионов. Апатиты: КНЦ РАН, 2010. С. 143–171.

Таланцев А.С. Геотермобарометрия по доломит-кальцитовым парагенезисам. М.: Наука, 1981. 136 с.

Féménias O., Mercier Jcc., Nkono C. et al. Calcic amphibole growth and compositions in calc-alkaline magmas: Evidence from the Motru Dike Swarm (Southern Carpathians, Romania) // American Mineralogist. 2006. Vol. 91. P. 73–81.

Kranidiotis P., MacLean W.H. Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec // Economic Geology. 1987. Vol. 82. P. 1898–1911.

Znamenskii S.E., Puchkov V.N., Michurin S.V. Sources of ore-forming fluids and formation environments of orogenic Au deposits in the Main Uralian Fault zone (Southern Urals) // Doklady Earth Sciences. 2015. Vol. 464. No. 1. P. 910–913.

**В.Э. Баширов^{1,2}, П.В. Казаков¹, А.В. Сначёв¹,
Р.А. Гатауллин¹, М.А. Рассомахин³**

¹ – Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия
vladilen.bashirov2003@yandex.ru

² – Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

³ – Южно-Уральский федеральный научный центр
минералогии и геоэкологии УрО РАН, г. Миасс, Россия

Геологическое строение и особенности самородного золота Таналыкской россыпи (Южный Урал)

**V.E. Bashirov^{1,2}, P.V. Kazakov¹, A.V. Snachev¹,
R.A. Gataullin¹, M.A. Rassomakhin³**

¹ – Institute of Geology UFRC RAS, Ufa, Russia

² – Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

³ – South Urals Federal Research Center of
Mineralogy and Geoecology UB RAS, Miass, Russia

Geological structure and features of native gold of the Tanalyk placer (Southern Urals)

Abstract. The article presents the results of study of the Tanalyk placer, which is part of the Baymak placer cluster. Native gold is mostly bright yellow, lump-, wedge-, plate- and wire-rod-shaped, belongs to the large and medium granulometry classes and is moderately rounded. The average fineness (‰) of native gold in placers is following: Baymak pond – 938, Shura log – 935, Aktash log – 943, Tanalyk – 917. Native gold grains are rimmed by supergene high-fineness gold. Native gold of all granulometry classes contains of films of Fe and Mn hydroxides, crusts of fine-grained quartz, chlorite, and less commonly biotite, which hosts numerous microparticles (0.1–0.5 μm) of very high-fineness gold. Gold for large placers was sourced from gold occurrences located at the junctions of diagonal neotectonic lineaments with longitudinal faults, which form polygenic ore-concentrating structures.

Таналыкская россыпь золота находится в Баймакском районе Республики Башкортостан и входит в Баймакский рудно-россыпной узел. Россыпь расположена на восточном склоне Южного Урала и приурочена к долине, разделяющей хребет Ирендык и гряде невысоких холмов Сак-Тай. Россыпь четвертичная аллювиальная долинная с серией мелких ложковых россыпей в бортах долины. Расположена на участке долины р. Таналык от оз. Графское (на севере) до устья руч. Ольховский в пределах Западно-Ирендыкской геоструктурной зоны западного крыла Магнитогорского мегасинклинория. Здесь развиты вулканогенные, вулкано-