УДК 553.411

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ
РОССЫПНОГО ЗОЛОТА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АНАБАРСКОГО МАССИВА****¹Герасимов Б.Б., ²Желонкин Р.Ю., ¹Кравченко А.А.**¹*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, e-mail: bgerasimov@yandex.ru;*²*АО «Алмазы Анабара», Якутск*

Приведены новые данные о минералогических особенностях россыпного золота Билляхской тектоно-флюидитной зоны Анабарского массива, основанных на изучении комплекса типоморфных признаков золота из мелкообъемных проб, отобранных авторами при проведении полевых работ. Все аналитические работы проводились в отделе физико-химических методов анализа ИГАБМ СО РАН. Детальное изучение морфологии, микрорельефа поверхности, фотографирование произведены на сканирующем (растровом) микроскопе JSM – 6480 LV фирмы JEOL с аналитическими приставками OxfordInstruments (волновой и энергодисперсионный спектрометры). Пробность золота определена на рентгеновском микроанализаторе Camebax-micro фирмы Cameca. Впервые на территории Билляхской тектоно-флюидитной зоны обнаружен и изучен низкопробный мини-самородок золота рудного облика размером 11×7×3 мм. По химическому составу золото однородно по всей площади – пробность меняется в узких пределах от 539 до 589‰. Установлено, что данный мини-самородок пребывал в экзогенных условиях весьма непродолжительное время и практически не подвергался гидродинамической обработке. Преобладающая часть изученного золота характеризуется слабой окатанностью, угловато-комковидной и дендритоидной морфологией, не обработанной первичной ямчато-бугорчатой поверхностью с примазками алумосиликатного состава. Пробность варьирует в очень широких пределах – от низкой до весьма высокой. Обосновано, что данный металл не транспортировался на дальние расстояния и локализован вблизи коренного источника. Исследование минеральных включений в золоте и их сопоставление с рудным минеральным составом сульфидизированной породы монзонитового ряда, обнаруженного в поле развития гнейсов верхнеанабарской серии, позволило предположить, что изученные породы могли служить одним из коренных источников золота.

Ключевые слова: Анабарский массив, типоморфные признаки, россыпное золото, мини-самородок золота, минеральные включения, пробность, коренные источники золота

**NEW DATA ON MINERALOGICAL FEATURES OF PLACER GOLD
OF THE ANABAR MASSIF****¹Gerasimov B.B., ²Zhelonkin R.Yu., ¹Kravchenko A.A.**¹*Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: bgerasimov@yandex.ru;*²*«Almazy Anabara» JSC, Yakutsk*

New data on mineralogical features of placer gold of the Bullyakh tectono-fluid zone of the Anabar massif, based on the studies of a complex of typomorphic features of gold from small-scale probes, selected by authors at field works. All analytical work was carried out in the department of physico-chemical methods of analysis IGABM SB RAS. A detailed study of the morphology, surface microrelief, photographing was performed on a JSM – 6480 LV scanning (microscope) of JEOL company with Oxford Instruments analytical prefixes (wave and energy dispersive spectrometers). Gold fineness is determined on Camebax-micro X-ray microanalyzer a «Cameca» firms. Low-grade gold mini-nugget of ore habit, 11x7x3 mm, was found and studied for the first time on the territory of the Bullyakh tectono-fluid zone. Gold has chemical homogenous composition all over the area – fineness varies within close limits from 539 to 589‰. It is identified that, this mini-nugget occurred in exogenetic conditions for a short time and almost was not hydrodynamically processed. Most of the studied gold is characterized by poor roundness, angular-clotted and dendritic morphology, not processed primary pitted-lumpy surface with films of aluminosilicate composition. Fineness varies within wide limits – from low to high enough. It is proved that, this metal was not transported over long distances and was localized close to primary source. Study of mineral inclusions in gold and their comparison with ore mineral composition of sulphidized rock of the monzonite series, found in the field of development of gneisses of the Upper Anabar series, allowed supposing that, studied rocks could be one of primary gold sources.

Keywords: Anabar massif, typomorphic characters, placer gold, mini-nugget of gold, mineral inclusions, fineness, primary gold sources

Анабарский массив является важнейшим элементом Арктического тектоно-минерагенического пояса. Несмотря на то, что на древних массивах земного шара сконцентрировано большинство крупных и крупнейших месторождений благородных, радиоактивных и редкоземельных металлов, на Анабарском массиве до на-

стоящего времени не установлены золото-рудные месторождения. Вместе с тем ряд исследователей признают его перспективность в отношении рудной золото- и платиноносности [1–3]. Между тем минералогический метод, включающий в себя изучение типоморфных особенностей россыпного золота, является весьма пер-

спективным способом прогнозирования золотого оруденения на территориях, перекрытых отложениями квартера, к каковым относится и изучаемый массив. В связи с этим актуальным становится исследование типоморфных признаков россыпного золота рассматриваемого района, с целью прогнозирования коренных источников.

В целом предшествующие исследования в результате анализа структурно-формационных, региональных металлогенических и геохимических данных в пределах Анабарского щита, пришли к выводу, что большинство магматических комплексов, с которыми могут быть связаны рудопроявления благородных металлов, локализованы в пределах Котуйканской и Билляхской тектоно-флюидитных зон (ТФЗ). Ими выделены Билляхская и Котуйкан-Монголинская металлогенические зоны [1, 4, 5]. Исходя из этого, а также принимая во внимание более благоприятное расположение в транспортном отношении, целесообразно изучить минералогические особенности золота из россыпных проявлений Билляхской металлогенической зоны Анабарского щита.

В статье приводятся предварительные результаты исследований россыпного золота из двух мелкообъемных проб ($V_{\text{общ}} = 2 \text{ м}^3$), отобранных при полевых работах в верховьях руч. Улахан Хаптасыннах (Билляхская тектоно-флюидитная зона Анабарского щита).

Цель исследования: определение индикаторных типоморфных признаков россыпного золота Билляхской тектоно-флюидитной зоны и прогнозирование потенциальных коренных источников.

Материалы и методы исследования

Детальное изучение морфологии, микрорельефа поверхности, фотографирование произведены на сканирующем (растровом) микроскопе JSM – 6480 LV фирмы JEOL с аналитическими приставками OxfordInstruments (волновой и энергодисперсионный спектрометры). Пробность золота определена на рентгеновском микроанализаторе Camebax-micro фирмы Cameca. Шлиховое опробование водотоков производилось при помощи «сибирского» лотка, мелкообъемное – мини-промприбора «бутара».

Результаты исследования и их обсуждение

Геолого-структурная позиция. Участок работ расположен в центральной части Бил-

ляхской тектоно-флюидитной зоны, которая протягивается в северо-западном направлении до 250 км при ширине от 5 до 20 км. Ее основу создают системы сближенных разломов, между которыми заключены блоки в различной степени диафторированных и мигматизированных пород гранулитовой фации верхнеанабарской серии. Структура Билляхской зоны определяется чередованием полос милонитизации и катаклаза, трассирующих ранне- и позднепротерозойские разломы. В ее центральной части расположен палеопротерозойский Билляхский плутон порфиробластовых гранодиоритов и гранитов, а также дайки палеопротерозойских магматических пород различного состава [4]. Верхнеплейстоценовое – современное звенья квартера представлены озерно-болотными образованиями (льдыстыми суглинками, илами, супесями, торфами), плащеобразно перекрывающими практически всю территорию.

В районе верховьев руч. Улахан Хаптасыннах, где отобраны пробы (рис. 1), рельеф полого-увалистый с относительными превышениями 50–100 м. Долина ручья – неясно выраженная с очень пологими бортами. Ширина русла колеблется от 2 до 5 м. По берегам развита низкая пойма шириной до 5 м, заросшая травой. Обломочный материал аллювия представлен глыбами – 20%, щебнем – 20%, дресвой – 30%, песком – 30% и сложен в основном гранитами, гнейсами верхнеанабарской серии, изредка встречаются «аляскиты». Пробы отобраны из русловых отложений. Золото прослеживается практически с поверхностного слоя аллювия. Вместе с тем его содержание заметно увеличивается с уровня 0,5 м. Глубина пройденных выработок – 1,5 м. Объем намытого материала двух проб составил 2 м³.

Особенности россыпного золота. Изучено золото общим весом 7,5 г, гранулометрический состав которого следующий: 1–2 мм – 7%, 0,5–1 мм – 5%, 0,25–0,5 мм – 30% и 0,25 + 0,1 мм – 58%. Золотины представлены главным образом слабоокатанными пластинчатыми, угловато-комковидными и дендритовидными выделениями с ямчато-бугорчатой поверхностью (рис. 2). Довольно часто наблюдаются индивиды в сростках с кварцем или фрагментарной пленкой алюмосиликатного состава. Пробность золота колеблется в очень широких пределах: весьма высокая 951–999‰ – 48%, высокая 900–950‰ – 10%, средняя 800–899‰ – 10%, относительно низкая 700–799‰ – 10% и низкая 699–400‰ – 22%.

Рис. 1. Геологическое строение центральной части Билляхской тектоно-флюидитной зоны [4, 6]:

1 – современные аллювиальные пески, суглинки, галечники; 2 – верхнеплейстоценовые аллювиальные суглинки и песчаники; 3 – верхнеанабарская серия: гиперстеновые, двупироксеновые, роговообманково-двупироксеновые плагиогнейсы; пироксен-плагиоклазовые и роговообманково-пироксен-плагиоклазовые кристаллические сланцы; редкие прослои салитовых и гранатовых плагиогнейсов; 4 – раннетриасовые дайки долеритов; 5 – аляскииты и лейкократовые биотитовые граниты; 6 – порфиробластические биотит-роговообманковые гранодиориты, граниты и граносиениты; 7 – зоны интенсивной гранитизации, биотитовые и амфиболовые гранито-гнейсы с реликтами субстрата; 8 – зоны мигматизации и умеренной гранитизации; 9 – участки интенсивной амфиболитизации и биотизации; 10 – гиперстеновые, двупироксеновые, роговообманково – пироксеновые плагиогнейсы; 11 – салитовые плагиогнейсы и скаполит-салитовые породы; 12 – биотит-силлиманитовые, силлиманитовые, силлиманит-кордиеритовые гнейсы; 13 – андрадит-клинопироксеновые и клинопироксеновые гнейсы; 14 – зоны интенсивного катаклаза и милонитизации; 15 – линии разрывных нарушений; 16 – места отбора мелкообъемных проб и их номера; 17 – место отбора штучной пробы

Важно подчеркнуть, что в точке отбора пробы МБ-1 в интервале глубины 0,5–0,6 м намыт небольшой самородок со следующими параметрами: длина – 11 мм, ширина – 7 мм и толщина до 3 мм. Золотина имеет пластинчатую форму, ямчато-бугорчатый микрорельеф поверхности и весьма слабую окатанность (рис. 3, а). Вес мини-самородка составил 0,48 г. По химическому составу золото однородно по всей площади – пробность варьирует в весьма узких пределах от 539 до 589‰ (рис. 3, б). Высокопробная оболочка практически отсутствует, лишь на одном периферийном участке наблюдается

весьма тонкая (около 2 мкм) и непродолжительная (около 7 мкм) оторочка высокой пробы начальной стадии зарождения (рис. 3, в). Указанные типоморфные признаки свидетельствуют, что данный мини-самородок пребывал в экзогенных условиях весьма непродолжительное время и практически не подвергался гидродинамической обработке.

В крупном (фракция + 1 мм) самородном золоте микронзондовым анализом определены минеральные включения кварца, пирита, халькопирита, рутила, монацита, а также Fe, Ti, K и Nb, содержащие алюмосиликатные фазы (рис. 4).

Рис. 2. Морфологические особенности россыпного золота Билляхской тектоно-флюидитной зоны: а – полуокатанные золотины фракции 0,5–1 мм; б – слабоокатанное угловато-комковидное золото фракции 0,25–0,5 мм; в – золотины дендритоидной формы фракции 0,25–0,5 мм; г – слабоокатанное золото пластинчатой формы

Таким образом, обнаружение мини-самородка рудного облика и относительно крупного металла фракции 0,5–2 мм до 12%, их слабая окатанность и практически необработанная поверхность позволяют отнести изученное золото к автохтонному типу и свидетельствуют о наличии близлежащего коренного источника.

Потенциальные коренные источники золота. Проблемой рудной золотоносности Анабарского массива в разное время занимались немногочисленные исследователи. По данным Б.Р. Шпунта [7] частичная россыпная золотоносность образовалась за счет размыва кварц-кальцитовых сульфидизированных жил докембрийского возраста, проявленных в базитах. А.В. Толстовым [1] предполагается, что источниками россыпного высокопробного золота восточной части Анабарского массива являются кварцевые или сульфидно-кварцевые жилы. Согласно данным других авторов золотоносные площади тяготеют к интрузивам порфировидных и аляскитовых гранитоидов [8]. Вместе с тем до настоящего времени вопрос рудоносности Анабарского массива остается открытым.

В водораздельной части рр. Улахан Хаптасыннах и Бороску Унгуохтаах в поле развития пород верхнеанабарской серии нами обнаружена небольшая зона сульфидизированных пород. Отобран образец ГБ-60 (рис. 1), который представляет собой по предварительным данным монзонит полосчатой текстуры диоксид-амфибол-биотит-плагиоклаз-калишпатового состава. Микрозондовый анализ показал, что сульфидные минералы представлены в основном пирротинном, пиритом (рис. 5, а) и халькопиритом (рис. 5, б). Мельчайшее выделение золота обнаружено в ассоциации с кварцем и халькопиритом (рис. 5, в). Фаза гессита выявлена в виде тончайших прожилков развитых по границам срастания пирита и халькопирита (рис. 5, г). Кроме этого обнаружены мелкие близкие к изометричным кристаллы монацита (рис. 5, д).

В водораздельной части рр. Улахан Хаптасыннах и Бороску Унгуохтаах в поле развития пород верхнеанабарской серии нами обнаружена небольшая зона сульфидизированных пород. Отобран образец ГБ-60 (рис. 1), который представляет собой по предварительным данным монзонит полосчатой текстуры диоксид-амфибол-биотит-плагиоклаз-калишпатового состава. Микрозондовый анализ показал, что сульфидные минералы представлены в основном пирротинном, пиритом (рис. 5, а) и халькопиритом (рис. 5, б). Мельчайшее выделение золота обнаружено в ассоциации с кварцем и халькопиритом (рис. 5, в). Фаза гессита выявлена в виде тончайших прожилков развитых по границам срастания пирита и халькопирита (рис. 5, г). Кроме этого обнаружены мелкие близкие к изометричным кристаллы монацита (рис. 5, д).

Рис. 3. Особенности мини-самородка рудного облика: а – общий вид; б – вариации пробности; в – весьма тонкая прерывающаяся высокопробная оторочка начальной стадии зарождения по периферии мини-самородка

Рис. 4. Минеральные включения в россыпном золоте: а – кристалл пирита; б – включения кварца и халькопирита; в – мелкие выделения монацита; г – зерна рутила и кварца в электруме

Рис. 5. Рудная вкрапленная минерализация в монцоните: а – пирит (Py) в плагиоклаз (pl) – калишпатовом (fs) субстрате; б – зерно халькопирита; в – мелкое выделение золота (Au) в ассоциации с кварцем и халькопиритом; г – гессит (Hes), развитый в виде прожилка в зоне срастания халькопирита (chp) и пирита (py); д – зерно, монацита

Следует обратить внимание на то, что кварц и рудные минералы развиты преимущественно по трещинам субстрата и, вероятно, представляют собой продукты наложенных низкотемпературных процессов. Доказательством этого предположения является наличие теллурида серебра характерного для низкотемпературных месторождений. Вместе с тем это предположение требует более детальных исследований.

В целом на данном этапе исследований можно констатировать, что парагенезисы рудных минералов сульфидизированных горных пород сопоставимы с минеральными включениями в россыпном золоте руч. Улахан Хаптасыннах. Это может свидетельствовать, что данные породы могли служить коренными источниками изученного россыпного золота. Безусловно, минералогические и петрографические особенности сульфидизированных пород Биляхской

зоны требуют дальнейшего более детального изучения.

Выводы

1. Детальное изучение минералогических особенностей золота из россыпного проявления верхнего течения руч. Улахан Хаптасын-нах позволило выявить типоморфные признаки, характерные для россыпей ближнего сноса. К ним относятся слабая окатанность, угловато-комковидная и дендритоидная форма, не обработанная первичная ямчато-бугорчатая поверхность с примазками алюмосиликатного состава, а также доля крупной фракции (0,5–2 мм) золота до 12% в изученных мелкообъемных пробах. Таким образом, в верховьях руч. Улахан Хаптасын-нах прогнозируется рудное проявление золота.

2. Впервые на территории Билляхской ТФЗ Анабарского щита обнаружен низкопробный мини-самородок рудного облика весом 0,48 г, что также свидетельствует о наличии близлежащих коренных источников.

3. Предварительное изучение минерального состава сульфидизированной горной породы монзонитового ряда, обнаруженного в поле развития гнейсов верхнеанабарской серии, и сопоставление с минеральными включениями в россыпном золоте позволило предположить, что данные породы могли служить одним из его коренных источников. В свете вышеизложенного возникает необходимость более детального изучения этих пород.

Статья подготовлена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-45-140018 p_a, а также по плану НИР ИГАБМ СО РАН, проект № 0381-2019-0004.

Список литературы / References

1. Толстов А.В. Перспективы золотоносности Анабарской антеклизы // Вестник госкомгеологии. 2002. № 1 (2). С. 44–49.
1. Толстов А.В. Gold content potential of the Anabar antecline // Vestnik goskomgeologii. 2002. № 1 (2). P. 44–49 (in Russian).
2. Кузнецов А.А. Геолого-прогнозно-минерогеническая модель и перспективы промышленной рудоносности Анабарского щита // Отечественная геология. 2008. № 6. С. 22–34.
2. Kuznetsov A.A. The Anabar Craton: A predictive geological and mineragenic model and economic potential // Otechestvennaya geologiya. 2008. № 6. P. 22–34 (in Russian).
3. Турченко С.И., Розен О.М. Минерогения и тектоника раннего докембрия Анабарского щита // Отечественная геология. 2012. № 3. С. 8–16.
3. Turchenko S.I., Rosen O.M. Minerageny and Early Precambrian Tectonics of the Anabar shield // Otechestvennaya geologiya. 2012. № 3. P. 8–16 (in Russian).
4. Смелов А.П., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Березкин В.И., Кравченко А.А., Добрецов В.Н., Великославинский С.Д., Яковлева С.З. Возраст и продолжительность формирования Билляхской зоны тектонического меланжа, Анабарский щит // Петрология. 2012. Т. 20. № 3. С. 315–330.
4. Smelov A.P., Kotov A.B., Salnikova E.B., Kovach V.P., Berezkin V.I., Kravchenko A.A., Dobretsov V.N., Velikoslavinsky S.D., Yakovleva S.Z. Age and duration of the formation of the Billyakh tectonic melange zone, Anabar shield // Petrologiya. 2012. T. 20. № 3. P. 315–330 (in Russian).
5. Молчанов А.В., Князев В.Ю., Худoley А.К. Тектонофлюидитные зоны Анабарского щита и их рудоносность // Региональная геология и металлогения. 2011. № 47. С. 96–106.
5. Molchanov A.V., Knyazev V.Yu., Khudoley A.K. Tectonofluiditic zones of the Anabar Shield and their ore content // Regional'naya geologiya i metallogeniya. 2011. № 47. P. 666–675 (in Russian).
6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение) Серия Анабаро-Вилуйская. Лист R-49 – Оленёк. СПб., 2016. 407 с.
6. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1000000 (third generation) R-49 Anabaro-Vilyui Sheet. Series – Olenyok. SPb., 2016. 407 p. (in Russian).
7. Шпунт Б.Р. Генетические типы проявлений золота в северо-восточной части Сибирской платформы // Уч. записки. НИИГА. Региональная геология. 1970. С. 5–15.
7. Shpunt B.R. Genetic types of gold occurrences in the North-eastern part of the Siberian platform // Uch. zapiski NIIGA. Regional'naya geologiya. 1970. P. 5–15 (in Russian).
8. Кравченко А.А., Смелов А.П., Березкин В.И., Зедгенизов А.Н., Добрецов В.Н. Природа золоторудной минерализации раннепротерозойского билляхского гранитоидного комплекса по геохимическим данным (Анабарский щит) // Отечественная геология. 2010. № 5. С. 23–29.
8. Kravchenko A.A., Smelov A.P., Berezkin V.I., Zedgenizov A.N., Dobretsov V.N. Nature of gold-ore mineralization of the early Proterozoic Billyakh granitoid complex according to geochemical data (Anabar shield) // Otechestvennaya geologiya. 2010. № 5. P. 23–29 (in Russian).