

## ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА РУДОПРОЯВЛЕНИЙ БЕРЕНТАЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

*На основании анализа особенностей морфологии самородного золота, его внутреннего строения, вариаций химического состава, взаимоотношений с другими минералами в рудах Берентальского рудного поля выделены пять генетических групп золота, установлена последовательность их формирования, связь с минеральными ассоциациями и различными уровнями эрозионного среза. Типоморфизм золота свидетельствует о многократном его отложении и эпикристаллизационных преобразованиях. Наличие нескольких групп золота на разных рудопроявлениях Берентальского рудного поля говорит о сложной истории перераспределения золота в течение единого длительного рудного процесса.*

*Ключевые слова: самородное золото, типоморфизм, морфология, внутреннее строение, элементы-примеси, минеральные ассоциации, зональность месторождения золота.*

Вследствие истощения запасов россыпного золота Северо-Востока России наращивание ресурсной базы коренного золота является актуальной задачей. В частности, перспективы связываются с проявлениями в гранитных плутонах золото-редкометалльно-кварцевой рудной формации, широко представленной в Яно-Колымском золотоносном поясе [2, 3, 8]. К числу таких объектов принадлежит прогнозируемое Берентальское рудное поле, относящееся к Мякит-Хурчанскому рудно-россыпному узлу Нерегинского рудного района. На протяжении юры–палеогена геологические структуры Северо-Восточного региона РФ формировались в несколько тектоно-магматических этапов, каждый из которых характеризовался определённым геодинамическим режимом и своеобразным магматизмом. Золотое оруденение Яно-Колымского золотоносного пояса, к которому относится рассматриваемый рудный район, связано главным образом с позднеюрским и меловым коллизионным гранитоидным магматизмом [3], а определяющим фактором его локализации выступают сопряжённые с магматизмом структурные формы. Это обусловило разнообразие присутствующих на территории рудных формаций и сложную историю перераспределения золота.

В пределах Берентальского рудного поля (в ходе поисковых и поисково-оценочных работ, проведённых ООО «Золотодобывающая корпорация» с участием авторов в 2012–2015 и 2016–2018 гг.) изучены пять различных по строению и характеру минерализации рудопроявлений (рис. 1), находящихся в приконтактовых зонах гранитоидного штока Берентал-Мякитского массива. Рудные тела локализованы в гранитах позднеюрского басугуньинского комплекса (150±1,6 млн лет [20]) и вмещающих осадочных поро-



**Позднякова  
Наталья Николаевна**

кандидат геолого-минералогических наук  
научный сотрудник<sup>1</sup>  
natali-silver@rambler.ru

**Ивасенко  
Руслан Николаевич**

аспирант<sup>2</sup>  
геолог<sup>3</sup>  
rivassenko@sfedu.ru

**Роднов  
Юрий Николаевич**

главный геолог<sup>3</sup>  
rodnovun@yandex.ru

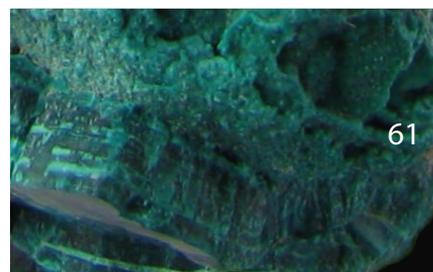
**Попов  
Юрий Витальевич**

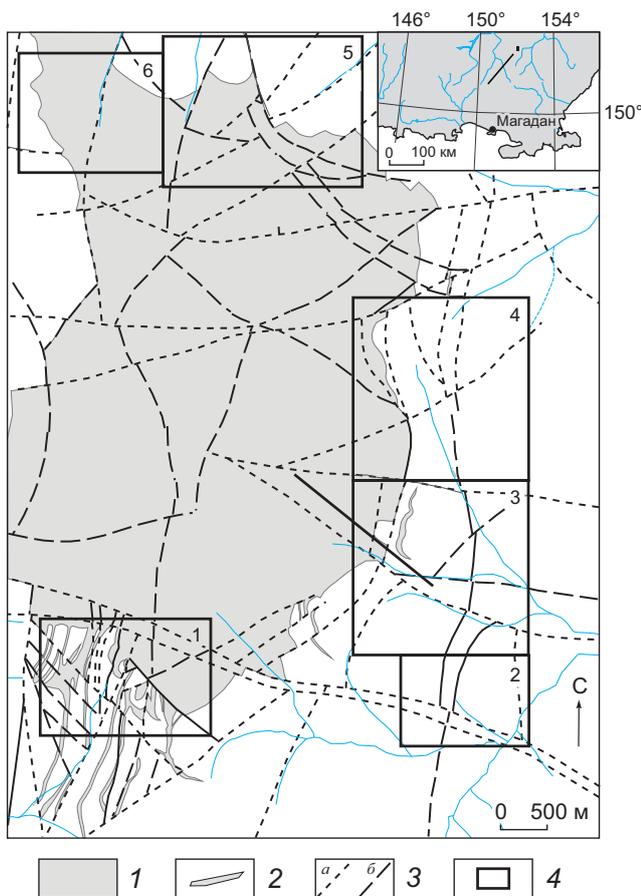
кандидат геолого-минералогических наук  
доцент кафедры месторождений  
полезных ископаемых,  
руководитель ЦКП «Центр исследований  
минерального сырья и состояния  
окружающей среды»<sup>2</sup>  
popov@sfedu.ru

<sup>1</sup>ФГБУ «Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов»,  
г. Москва

<sup>2</sup>ФГБУН Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону

<sup>3</sup>ООО «Золотодобывающая корпорация»,  
г. Магадан





**Рис. 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БЕРЕНТАЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ:**

1 – Берентальский шток, граниты басугуньинского комплекса; 2 – малые интрузии, гранит-порфиры басугуньинского комплекса; 3 – разрывные нарушения (*a* – достоверные, *б* – предполагаемые); 4 – границы рудопроявлений (1 – Фронт, 2 – Кункуйское, 3 – Плацдарм, 4 – Палатка, 5 – Берентал-Северный, 6 – Глобус)

дах нижнетриасовой толщи. В породах магматического комплекса они представлены зонами гидротермально-метасоматической проработки с убогим сульфидно-кварцевым прожилкованием мощностью первые метры в апикальной части гранитного штока (рудопроявление Берентал-Северный) и в гранит-порфирах его силлообразных апофиз (рудопроявления Фронт, Глобус). Рудопроявления Кункуйское, Палатка и Плацдарм находятся в восточном пологом осадочном экзоконтакте штока гипсометрически близко к положению рудопроявлений в пределах интрузива; рудные тела пред-

ставлены жилами и зонами сульфидно-кварцевого прожилкования, контролируемые протяжёнными минерализованными зонами дробления.

Весьма информативным при изучении золоторудных проявлений является анализ типоморфных особенностей золота, которые могут быть использованы для оценки условий рудообразования, а результаты исследований получить широкое применение на всех стадиях геологических работ [1, 4, 9, 10, 11, 17, 19]. К основным характеристикам золота относятся гранулометрический состав, морфология, особенности поверхности зёрен, их внутреннее строение и степень неоднородности, пробность, состав элементов-примесей, плёнок на поверхности золотин, а также золоторудных минеральных ассоциаций.

Опубликованные ранее фрагментарные данные об особенностях рудного и шлихового золота из сопряжённых аллювиальных отложений рудопроявлений Берентальского рудного поля (Берентал-Северный, Фронт, Плацдарм) указывают на различия строения и состава его выделений в пределах поля [5–7, 12, 13, 15, 18]. При этом для каждого из рудопроявлений типично наличие нескольких разновидностей золота. На рудопроявлении Берентал-Северный в протолочках найдены единичные зёрна рудного золота пробностью 591‰ с примесью Sb (0,05%), Pb (0,045%) и Cu (0,03%) [5]. В пробах из реликтов зоны окисления руд рудопроявления Берентал отмечаются две разновидности золота – монолитное преобладающее и пористое пробностью 450–500, 600–650, 700–750, 900–950‰ [6]. В россыпи руч. Берентал описаны золотины пробностью 580–670‰ [5]. Из руд участка Фронт также выделены две разновидности золота – монолитное средне-высокопробное с примесями Cu, Te, Hg и весьма высокопробное ветвисто-пористое с оксидами висмута [18]. На участке Плацдарм в аллювии одноимённого ручья самородное золото разделяется по пробности на две группы – 350–650‰ (35% измерений) и 650–980‰ (60% измерений приходится на интервал 650–800‰) [15]. Золото шлиховых проб из элювиальных развалов жил имеет пробность 815–824‰, из рудных проб – 716–900‰ [7].

Нами изучено самородное золото из рудопроявлений Берентальского рудного поля (11 шлиховых проб из протолочек и 15 аншлифов, изготовленных из образцов). Исследования выполнены в лабораториях ФГУП ЦНИГРИ, ИГЕМ РАН и ЦКП

«ЦИМС» ЮФУ с использованием комплекса прецизионных методов. Морфология золота устанавливалась методами растровой электронной и оптической микроскопии, внутреннее строение – методом многократного последовательного (до четырёх раз) структурного травления полированных срезов монтированных золотин раствором  $\text{CrO}_3$  в  $\text{HCl}$ . Состав золота (183 измерения) определялся микрорентгеноспектральным анализом (МРСА) в ГЕОХИ (аналитик Н.Н.Кононова) – Camebax Sx 1000 фирмы Самеса и в ЦКП «ЦИМС» ЮФУ (аналитики Ю.В.Попов, С.И.Шевцова) с помощью волнодисперсионного микроанализатора INCA Wave 700 (на базе растрового электронного микроскопа VEGA II LMU) и в ИГЕМ РАН (аналитик Е.В.Ковальчук) с помощью электронно-зондового микроанализатора JXA-8200 (JEOL), оснащённого пятью волновыми и одним энергодисперсионным спектрометрами. Состав поверхности образцов самородного золота анализировался в ФГУП ЦНИГРИ (аналитик Ю.В.Щегольков) методом электронной оже-спектроскопии на аппаратуре LAS-3000 фирмы Riber, оснащённой анализатором оже-электронов типа «цилиндрическое зеркало».

В результате исследования в материале из рудопроявлений Берентальского рудного поля выявлено весьма мелкое и тонкое золото класса  $-0,25+0,1$  мм и менее, а также встречены зёрна размером  $-1+0,5$  мм. По морфологии в пределах рудного поля выделяются три разновидности золота (рис. 2).

*Золото-а* жёлтого цвета, обмятое, представлено округлёнными несовершенными кристаллами, сростками пластинчатых кристаллов, гемиидиоморфными уплощёнными частицами, иногда чешуйчатыми формами. Поверхность золотин бугорчатая с заглаженными (своеобразного «оплавленного» вида) выступами, местами ямчато-бугорчатая или выровненная, с локальными плёнками гидроксидов железа и редкими кварцевыми включениями. Золото-а в пробах рудопроявлений Фронт, Глобус, Плацдарм составляет не более 1% от общего количества исследованного металла.

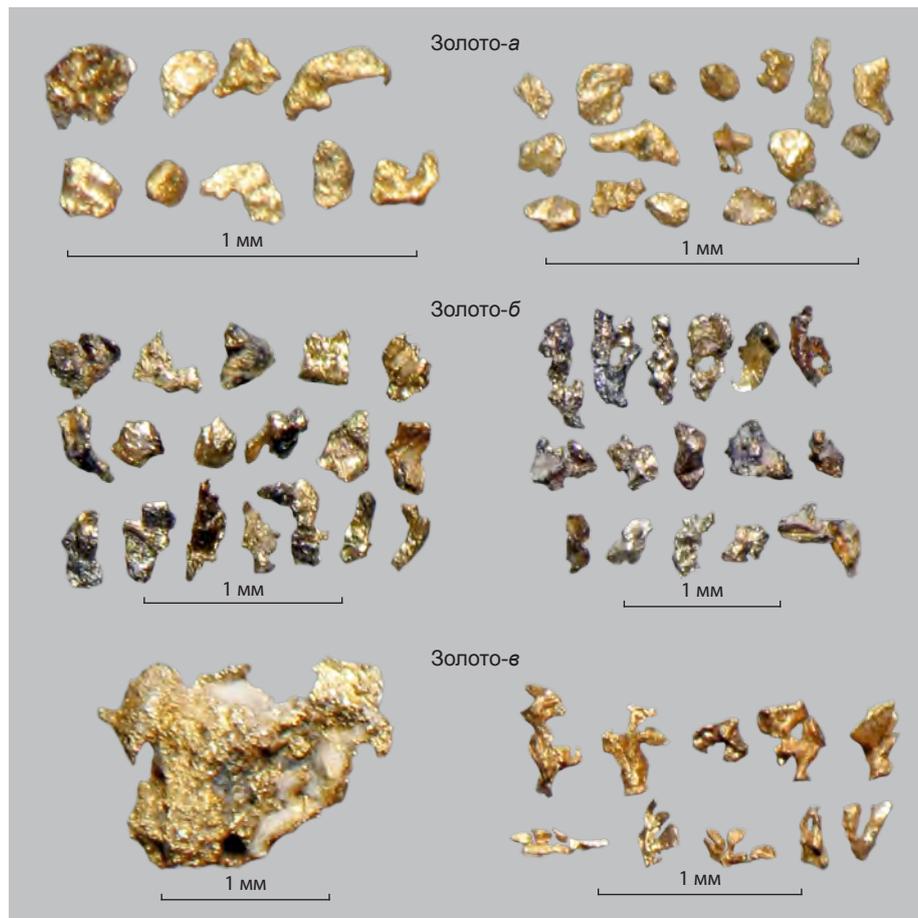
*Золото-б* «рудного» облика, зеленовато-жёлтого цвета, объёмное, часто удлинённой гемиидиоморфной, трещинно-прожилковидной, интерстициальной и комковидно-цементационной форм. Поверхность золотин блестящая ямчато-бугорчатая, реже ячеистая, со скульптурными отпечатками вмещающих пород, иногда с налётом тонкозер-

нистых сульфидных агрегатов серого цвета с побелостью. Часто (10–100%) наблюдается сростание золота с тёмноцветными рудными минералами или в единичных случаях с мелкокристаллическим кварцем. Анализ золота методом оже-спектроскопии показал присутствие в составе его приповерхностных участков повышенных содержаний Ag до ~9 ат. % и примесей Si, S, Bi, что позволяет говорить о наличии на поверхности некоторых зёрен плёнки сульфида серебра (акантита). Имеющееся на поверхности части золотин железо при относительно низких содержаниях серы и высоких содержаниях кислорода обусловлено окислением сульфидов, контактирующих с золотом (рис. 3). Золото-б преобладает на рудопроявлениях Фронт, Плацдарм, Глобус, Берентал-Северный.

*Золото-в* насыщенного ярко-жёлтого цвета, представлено сложными друзовидными, веточковидными, проволоковидными, скипетровидными и дендритовидными сростками кристаллов со ступенями роста и кристаллическими завершениями, с ровной поверхностью. Тонкие трещинно-прожилковидные выделения имеют мелкоямчатую или губчатую поверхность. Редко отмечаются гемиидиоморфные и интерстициальные золотины. Иногда в зёрнах наблюдаются сквозные отверстия из-за выкрашивания вмещающих минералов. Состав ультратонких плёнок на низкопробном золоте характеризуется повышенной концентрацией Ag (до 70%) (см. рис. 3). Золото-в составляет около 20% от всего установленного золота и встречается в основном в пробах из рудопроявлений Плацдарм и Кункуйское.

При изучении химического состава и внутреннего строения зёрен данных морфологических разновидностей золота Берентальского рудного поля были выделены пять групп самородного золота [12].

Для *золота-а* характерны группы золота **Au-1** и **Au-2**. К первой группе (Au-1) относится средневысокопробное (800–950‰) золото, характеризующееся зернистым строением (рис. 4, а). По данным рентгеноспектрального анализа в нём отмечаются повышенные содержания (%) Cu (0,21–0,34), Hg (0,30–0,45), присутствуют Te (до 0,21), Bi (до 0,28). В эту группу входит также среднепробное пористое «медистое» золото (Cu до 1,13%) с петельчатой текстурой (см. рис. 4, б), образовавшейся в результате распада твёрдого раствора, и с уплотнённой каймой по периферии, сформировавшейся в



**Рис. 2. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ЗОЛОТА РУДОПРЯВЛЕНИЙ БЕРЕНТАЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ**

*верхний ряд* – золото-а жёлтого цвета обмятое: гемиидиоморфное, трещинно-прожилковидное, объёмные и пластинчатые кристаллы, их сростки, с локальными железистыми плёнками, единичными сростаниями с кварцем;  
*средний ряд* – золото-б «рудного» облика зеленовато-жёлтого цвета: кристаллические сростки, гемиидиоморфное, интерстициальное, трещинно-прожилковидное и цементационное, с блестящей ямчатой, местами гладкой поверхностью, в сульфидных и железистых плёнках, находящееся в интенсивном сростании с тёмными рудными минералами и белым прозрачным кварцем;  
*нижний ряд* – золото-в неокатанное ярко-жёлтого цвета: трещинно-прожилковидное с мелкоямчатой поверхностью в сростании с молочно-белым непрозрачным кварцем и сложные сростки кристаллов (друзовидные, веточковидные, дендритовидные) с локальными плёнками гидроксидов железа

процессе твёрдофазной перекристаллизации. Золото первой группы обнаружено на проявлениях Фронт, Глобус, Плацдарм и входит в состав сульфидно-кварцевой ассоциации, главные минералы которой – арсенипирит, лёллингит, второстепенные и аксессуарные – пирит, висмутин, самородный висмут.

Ко второй группе (Au-2) также относится высоко- и среднепробное (850–900‰) золото. В структуре Au-1 выявлены признаки его дезинтеграции и последующего отложения в нём Au-2 (см. рис. 4, в).

Как и в первой группе, в составе Au-2 присутствуют Cu, Hg и Te, но в меньших концентрациях. Au-2 встречается в единичных пробах (аншлифах) в пределах рудопроявлений Фронт и Плацдарм и входит в состав той же минеральной ассоциации, что и золото первой группы.

Большая часть *золота-б* связана с золотом третьей группы (Au-3). Для него характерны вариации пробы от 750 до 945‰. Золото средней пробы отличается неяснозернистым строением, наличием диффузионных зон более высокопробно-

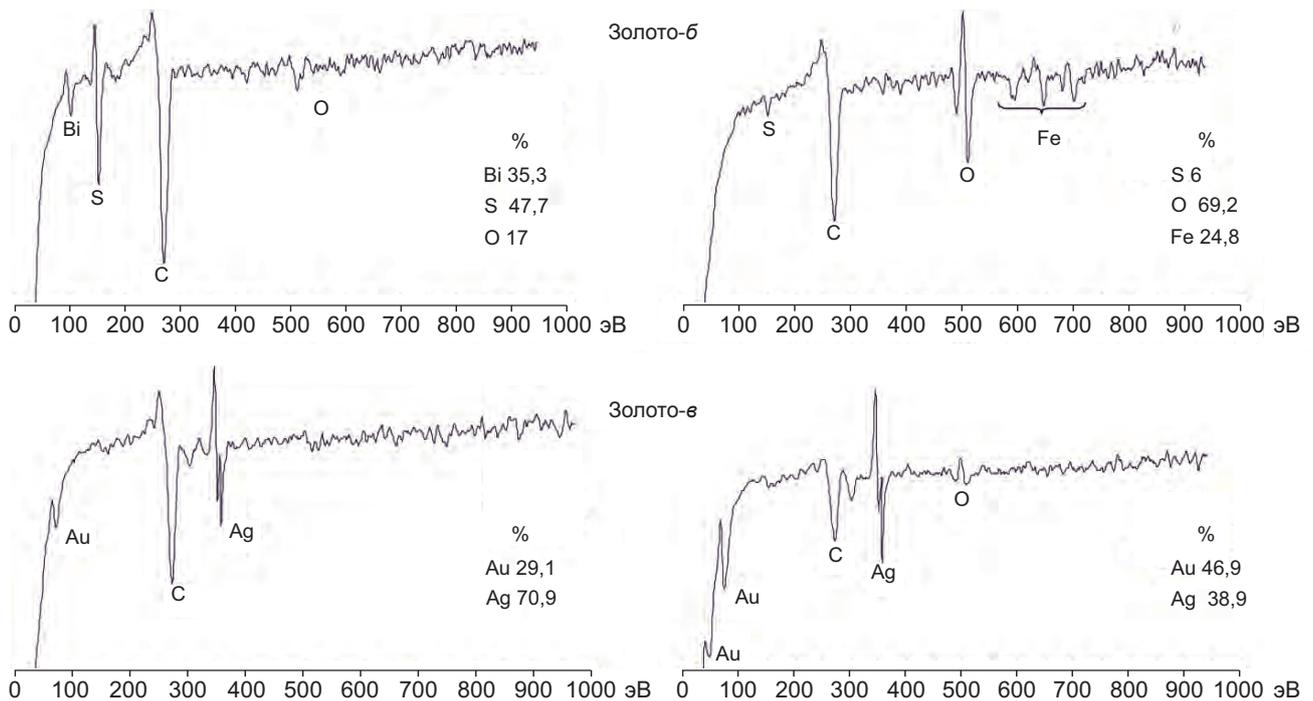


Рис. 3. ОЖЕ-СПЕКТРЫ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ЗОЛОТА РУДОПРОЯВЛЕНИЙ БЕРЕНТАЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

го состава различной ширины или сохраняется в виде реликтов в высокопробном золоте (см. рис. 4, з, д). Встречается также высокопробное золото, в котором дальнейший вынос серебра приводит к образованию пористой текстуры (см. рис. 4, д). Au-3 характеризуется относительно высокими содержаниями (%) Bi (0,09–0,21), W (до ~0,08) и Te (до 0,09), в переменных количествах в нём отмечается Sn (0,01 до 0,14). Золото третьей группы обнаружено на рудопроявлениях Фронт и Плацдарм, входит в состав арсенид-теллуридной минеральной ассоциации (с арсенопиритом, пиритом, пирротинном, сфалеритом, халькопиритом, теллуридами висмута или галеновисмутитом) (см. рис. 4, е).

Следующие две группы (**Au-4** и **Au-5**) морфологически представлены *золотом-б* (частично) и *золотом-в*. Для них характерны выделения сложной формы с преобладанием комковидно-цементационных частиц с мелкоямчато-бугорчатой поверхностью и присутствием тонких трещинно-прожилковидных выделений с губчатой поверхностью.

Золото четвертой группы (**Au-4**) пробностью 620–740‰, пятнисто-неоднородного строения с признаками диффузионного преобразования, дезинтеграции и межзерновыми промежутками, залеченными более низкопробным золотом (см. рис. 4,

ж–к). На нём встречаются тонкие коррозионные высокопробные плёнки. В эту группу также входит относительно низкопробное золото («коллоидное») тонкопористого, эмульсионно-глобулярного строения, тесно ассоциирующее с зёрнами арсенопирита разной размерности (от 0,1 мм до дисперсных выделений), образовавшееся, вероятно, в результате неполной раскристаллизации золото-мышьяковистых гелей (см. рис. 4, и, к). В золоте постоянно присутствуют (%) Te (0,06–0,17), Bi (0,05–0,14 до 0,33), As (0,03–0,11) и Pt (0,03–0,23). Au-4 распространено на рудопроявлениях Плацдарм, Берентал-Северный, Кункуйское и Глобус, входит в состав арсенопирит-галеновисмутитовой минеральной ассоциации (арсенопирит с включениями галеновисмутита, самородного висмута, серебра, золота вместе с пиритом и сфалеритом).

Золото пятой группы (**Au-5**) высокосеребристое (электрум пробностью 400–560‰), наиболее однородно по структуре, неясно- и слабовыраженного зонального строения (см. рис. 4, л). На поверхности зёрен при глубоком многократном травлении отчётливо прослеживается тонкая коррозионная оболочка пробностью >950‰ (см. рис. 4, м). За счёт неё средняя пробность отдельных золотинок-в, при определении пробирными иглами, оказалась

## ТИПОМОРФНЫЕ ПРИЗНАКИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА

Характеристики золота	Группы и разновидности золота	
	Au-1	Au-2
	Золото-а	
Форма	Кристаллы округлённые, несовершенные; сростки пластинчатых кристаллов, гемиидиоморфные уплощённые и чешуйчатые золотины	
Цвет	Жёлтый	
Характер поверхности	Бугорчатая, местами выровненная	
Сростки и плёнки	Плёнки локальные гидроксидов железа, редко включения кварца	
Окатанность	Обмятое, выступы заглаженные «оплавленные»	
Доля от изученного, %	≤1	
Внутреннее строение	Зернистое, у «медистого» золота пористое с петельчатой текстурой и уплотнённой каймой по периферии	Заполняет межзерновые промежутки при дезинтеграции Au-1
Пробность, ‰ (по данным МРСА)	800–950 (средне-высокопробное и среднепробное «медистое»)	850–900 (средне-высокопробное)
Элементы-примеси, % (по данным МРСА)	Постоянно Cu (0,21–0,34, иногда до 1,13), Hg (0,30–0,45), спорадически Te (до 0,21), Bi (до 0,28)	Cu, Hg, Te, но в меньших концентрациях, чем в Au-1
Минеральная ассоциация (на основании ранее рассмотренных аншлифов)	Сульфидно-кварцевая (арсенопирит, лёллингит, второстепенные и аксессуарные – пирит, висмутин, самородный висмут)	
Последовательность отложения золота и глубина формирования	Наиболее раннее; нижние части рудного интервала	Частичное растворение и замещение Au-1; нижние части рудного интервала
Рудопроявления	Фронт, Глобус, Плацдарм	

равной 630–665‰, что приводит к её повышению на 150–200‰. Au-5 при дезинтеграции золота четвертой группы выполняет прожилки между микроблоками «коллоидных» золотинок (см. рис. 4, к), трещины в сульфидах или цементирует их, а также отмечается в арсенопирите (пробностью в среднем 543‰), гидроксидах железа и кварце, в единичных случаях – в сростках с акантитом и сульфидами висмута. Золото пятой группы содержит относительно высокие примеси (%) Te (0,10–0,23), W (0,02–0,10), иногда As (до 0,13), Pb (до 0,09), Bi (до 0,13), Sb (до 0,04), Pd (0,04–0,07). Au-5, широко развитое в пределах рудопроявлений Берентал-Северный, Кункуйское, частично Плацдарм, связано с золото-серебряной ассоциацией, ведущими ми-

нералами которой являются пирит, сфалерит, галенит, акантит и самородное серебро, преимущественно локализовано в пирите в ассоциации с микрофазами пирротина, галенита, пираргирита.

По результатам изучения особенностей самородного золота (таблица) предполагается такая последовательность его отложения. Наиболее ранним золотом, формировавшимся в нижних частях рудного интервала, следует рассматривать золото первой группы. Посткристаллизационные преобразования, сопровождающиеся изменением физико-химического состояния среды, привели к частичному растворению Au-1 и его замещению золотом второй группы. Золото третьей группы связано с поступлением новых порций растворов

## РУДОПРОЯВЛЕНИЙ БЕРЕНТАЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

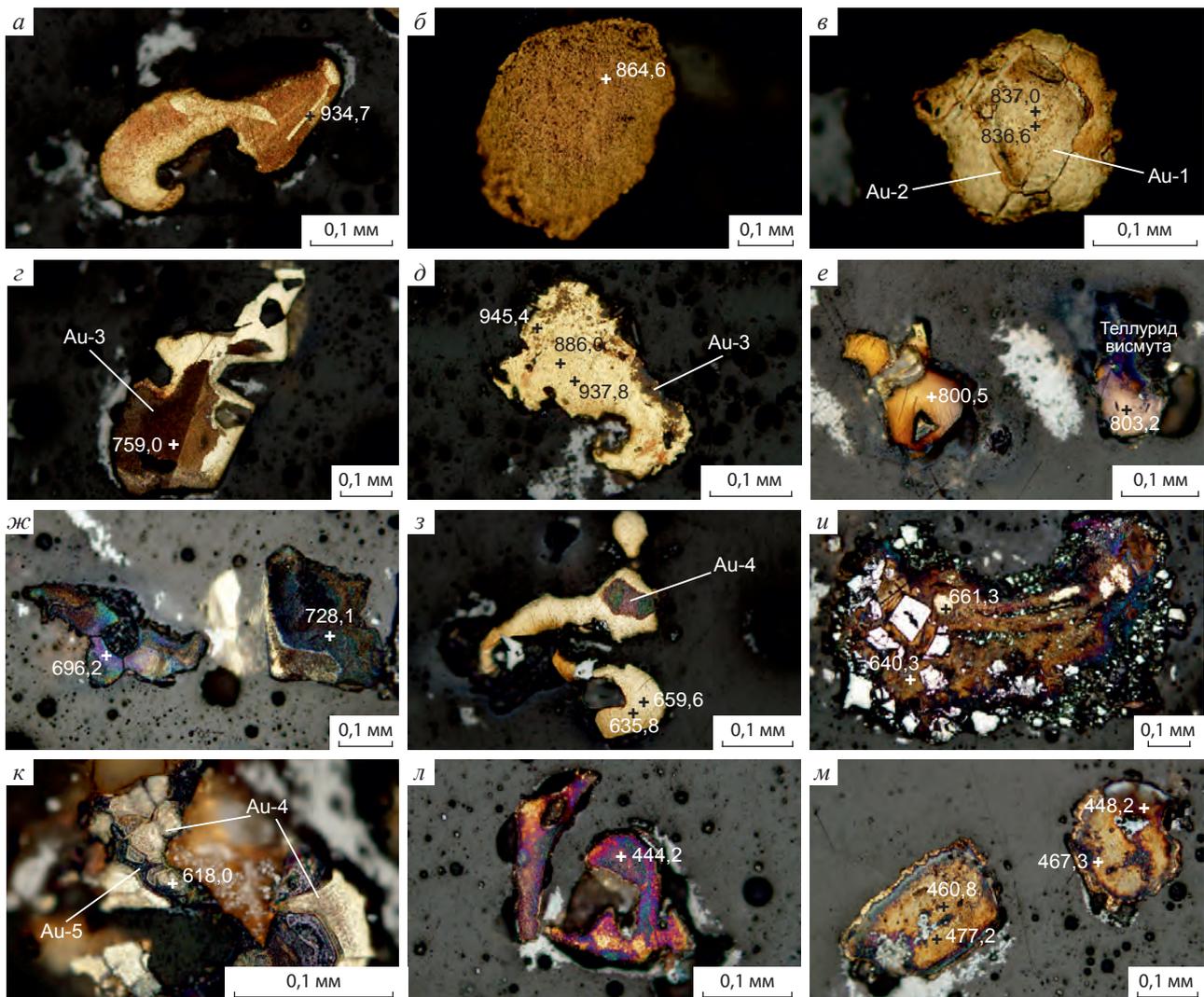
Группы и разновидности золота		
Au-3	Au-4	Au-5
Золото-б		Золото-в
Гемиидиоморфные, трещинно-прожилковидные, интерстициальные, комковидно-цементационные золотины		Сложные сростки кристаллов (друзовидные, веточковидные, проволоковидные, скипетровидные и дендритовидные), тонкие трещинно-прожилковидные, редко гемиидиоморфные и интерстициальные золотины
Зеленовато-жёлтый, иногда серый с побежалостью		Ярко-жёлтый
Блестящая ямчато-бугорчатая, иногда ячеистая, со скульптурными отпечатками вмещающих пород		Ровная, мелкоямчатая или губчатая, иногда со ступенями роста
Плёнки гидроксидов железа и сульфидные, сростания (10–100%) с рудными минералами, редко с кварцем		Плёнки ультратонкие высокосеребристые, редко сростания с мелкозернистым кварцем
Неокатанное		Неокатанное
~80		~20
Неяснозернистое с диффузионными зонами более высокопробного состава или в виде реликтов в высокопробном золоте, имеющем пористое строение	Пятнисто-неоднородное с признаками дезинтеграции, диффузионными зонами, межзерновыми промежутками, залеченными более низкопробным золотом (Au-5). Тонкие коррозионные высокопробные плёнки. Тонкопористое, эмульсионно-глобулярное строение золота с зёрнами арсенипирита	Неясно и слабо выраженное зональное. Отчётливая тонкая коррозионная оболочка (>950‰). Заполняет прожилки при дезинтеграции Au-4, трещины в сульфидах, гидроксидах железа, кварце. В сростках с акантитом и сульфидами висмута
750–945 (относительно низкопробное до высокопробного)	620–740 (низкопробное до относительно низкопробного)	400–560 (высокосеребристое или электрум)
Постоянно Bi (0,09–0,21), Te (до 0,09), W (до ~0,08), спорадически Sn (до 0,14)	Постоянно Te (0,06–0,17), Bi (0,05–0,14 до 0,33), As (0,03–0,11), Pt (0,03–0,23)	Постоянно Te (0,10–0,23), W (0,02–0,10), спорадически As (до 0,13), Pb (до 0,09), Bi (до 0,13), Sb (до 0,04), Pd (0,04–0,07)
Арсенид-теллуридная (арсенипирит, пирит, пирротин, сфалерит, халькопирит, теллуриды висмута или галеновисмутит)	Арсенипирит-галеновисмутитовая (арсенипирит, пирит, сфалерит, галеновисмутит, самородный висмут, серебро)	Золото-серебряная (пирит, пирротин, галенит, пираргирит, сфалерит, акантит, самородное серебро)
Позже Au-1 и Au-2, при поступлении новых порций растворов; нижние и средние части рудного интервала	Поздняя генерация; верхние части рудного интервала	
Фронт, Глобус, Плацдарм, Берентал-Северный		Плацдарм, Берентал-Северный, Кункуйское

существенно иного состава, чем при образовании Au-1 и Au-2. Для него характерны значительные диффузионные преобразования с выносом серебра. Au-4 – следующая генерация золота с повышенным содержанием изоморфной примеси серебра, о неравновесных условиях отложения которой свидетельствуют диффузионные преобразования, присутствие слабо раскристаллизованных золото-мышьяковистых гелей и «залечивание» дезинтегрированного золота четвёртой группы более поздним высокосеребристым Au-5.

Таким образом, особенности морфологии и внутреннего строения выделений самородного золота, изменчивый химический состав, взаимоотношения с другими минералами свидетельствуют о

многочасном отложении золота и его эпикристаллизационных преобразованиях. Наличие нескольких групп золота на различных рудопроявлениях Берентальского рудного поля говорит о сложной истории перекристаллизации золота.

Выявленные характерные признаки золота указывают на пост- или интратрудные преобразования [16], сопровождающиеся многократным перераспределением золота. При этом сохраняется свойственное объектам с вертикальной зональностью повышение пробности с глубиной и типичное для поздних генераций обогащение Pb, Bi и Te [9]. Так, для более глубокого уровня эрозийного среза (рудопроявление Фронт) характерно присутствие Au-1, Au-2 и Au-3 в золото-висмутиновой и золото-



**Рис. 4. ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА ГЕНЕРАЦИЙ ЗОЛОТА РУДОПРОЯВЛЕНИЙ БЕРЕНТАЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И ИХ ВЗАИМО-ОТНОШЕНИЯ (монтированный полированный шлиф, травление  $\text{CrO}_3 + \text{HCl}$ ):**

*а* – зернистое высокопробное Au-1; *б* – пористое «медистое» Au-1 со структурами распада и твёрдофазной перекристаллизацией по периферии; *в* – дезинтеграция среднепробного Au-1 с межзерновыми промежутками, заполненными высокопробным Au-2; *г* – Au-3 относительно низкой пробности с диффузионной каймой более высокого состава; *д* – высокопробное пористое Au-3 с реликтами Au-3 средней пробности; *е* – монозёрна Au-3 средней пробности в сростании с теллуридами висмута; *ж* – относительно низкопробное Au-4 со следами дезинтеграции и диффузионной границей более высокопробного состава; *з* – относительно низкопробное Au-4 с реликтами более низкопробного Au-4; *и* – относительно низкопробное Au-4 с включениями кристаллов арсенипирита; *к* – неоднородное «коллоидное» относительно низкопробное Au-4 со следами дезинтеграции и заполненными высоко-серебристым Au-5 прожилками; *л* – неяснозональное низкопробное Au-5; *м* – электрум неяснозонального строения с тонкой коррозионной высокопробной оболочкой

теллуридной минеральной ассоциации, причём наибольшей продуктивностью обладает золото третьей группы.

На средних горизонтах (рудопоявления Глобус, Плацдарм), где развита золото-галеновисму-

титовая минеральная ассоциация, более высокопробное Au-4 и Au-2 не выявлено, главную роль играют Au-3 и более низкопробное золото четвёртой группы. Au-4 преобладает на верхних горизонтах эрозионного среза в областях развития золото-

серебряной минеральной ассоциации (рудопоявления Берентал, Кункуйское), однако на этом уровне распространено и низкопробное золото (электрум) пятой группы.

Первичное отложение Au-1 и Au-2 в пределах Берентальского рудного поля происходило в гранитах в результате их метасоматической переработки. Дальнейшее изменение параметров метасоматическо-гидротермальной системы сопровождалось перераспределением средне- и высокопробного золота (рекристаллизация, диффузионные процессы) с частичным обособлением высокопробного Au-3, отлагавшегося в составе сульфидно-теллуридной ассоциации, которая на более высоких уровнях эрозионного среза сменялась сульфидно-висмутовой (с галеновисмутитом, сульфидами и сульфотеллуридами висмута, самородным

висмутом). Выделение этих ассоциаций не противоречит ранее выявленным в пределах рудного поля (но без разделения на две вышеупомянутые) сульфотеллуридно-висмутовой [3] или мальдонит-золото-сульфотеллуридной [18].

На верхнем (наиболее низкотемпературном) уровне формировались низкопробное Au-4 и Au-5, локализованные в тектонически ослабленных зонах в северной части интрузива и во вмещающих осадочных породах. Предполагается, что при образовании золота четвертой группы имели место как процессы осаждения из коллоидных растворов, так и разложения золото-серебряных сульфидов [6] или мальдонита [18].

В целом, описанная зональность соответствует общепринятой [14] схеме зональности плутогенных гидротермальных месторождений золота.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосов Р.А., Васин С.Л. Онтогенез самородного золота России. – М.: ЦНИГРИ, 1995.
2. Гамянин Г.Н., Гончаров В.И., Горячев Н.А. Золото-редкометалльные месторождения Северо-востока России // Тихоокеанская геология. 1998. № 3. С. 94–103.
3. Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998.
4. Зеленов В.И. Методика исследования золото- и серебродержащих руд. – М.: Недра, 1989.
5. Кузнецов В.М., Горячев Н.А., Жигалов С.В., Савва Н.Е. Структура и рудоносность Мякит-Хурчанского рудно-россыпного узла // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 4. С. 37–51.
6. Литвиненко И.С., Шилина Л.А. Типоморфизм самородного золота золото-редкометалльного рудопоявления Берентал (Северо-Восток России) // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии. Благовещенск, 2018. Т. 1. С. 122–125.
7. Литвиненко И.С., Шилина Л.А. Типоморфизм самородного золота рудопоявления Плацдарм (Северо-Восток России) // Чтения памяти акад. К.В.Симкова. Мат-лы докл. Всеросс. науч. конф. Магадан, 2017. С. 91–93.
8. Месторождение золота в гранитоидном штоке Бутарный (Северо-Восток России) / А.В.Волков, Н.В.Черепанова, В.Ю.Прокофьев и др. // Геология рудных месторождений. 2013. № 3. С. 214–237.
9. Николаева Л.А. Генетические особенности самородного золота как критерии при поисках и оценке руд и россыпей. – М.: Недра, 1978.
10. Николаева Л.А. Методическое руководство по изучению самородного золота при геологоразведочных работах. – М.: ЦНИГРИ, 1985.
11. Петровская Н.В. Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса). – М.: Наука, 1973.
12. Позднякова Н.Н. Внутреннее строение самородного золота Берентальского рудного поля (Яно-Колымский золотоносный пояс) // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения). Мат-лы минералогического семинара с междунар. участием. Сыктывкар, 2016. С. 54–55.
13. Попов Ю.В., Ивасенко Р.Н. Опыт изучения типоморфных особенностей золота (Берентальское рудное поле, Магаданская область) // Инновационные перспективы Донбасса. Мат-лы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. Донецк, 2018. С. 10–14.
14. Рундквист Д.В., Нежинский И.А. Зональность эндогенных рудных месторождений. – Л.: Недра, 1975.
15. Савва Н.Е., Парфенов М.И., Комина В.И. Генетическая природа бимодального распределения пробности шлихового золота россыпи руч. Плацдарм (южные отроги Мякитского интрузива) // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. Магадан, 2003. Т. 3. С. 132–135.
16. Савва Н.Е., Прейс В.К. Атлас самородного золота Севера-Востока СССР. – М.: Наука, 1990.

17. *Самородное золото рудных и россыпных месторождений России. Атлас / Отв. ред. Б.К.Михайлов. – Москва: Акварель, 2015.*
18. *Соломенцева Л.А., Литвиненко И.С. Типоморфизм самородного золота золото-редкометалльного рудного проявления Фронт (Северо-восток России) // Вестн. Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2015. № 2. С. 28–39.*
19. *Типоморфизм самородного золота. Методические рекомендации для геологоразведочных работ / Л.А.Николаева, А.М.Гаврилов, А.Н.Некрасова и др. – М.: ЦНИГРИ, 2003.*
20. *U-Pb-SHIMP-возраст гранитоидов Главного Батолитового пояса (Северо-Восток Азии) / В.В.Акинин, А.В.Прокопьев, Х.Торо и др. // Докл. РАН. 2009. Т. 426. № 2. С. 216–221.*

## NATIVE GOLD TYPOMORPHISM AT BERENTALSKOYE ORE FIELD MINERAL OCCURRENCES, MAGADAN REGION

N.N.Pozdnyakova<sup>1</sup>, R.N.Ivasenko<sup>2,3</sup>, Yu.N.Rodnov<sup>3</sup>, Yu.V.Popov<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow; <sup>2</sup> FSBIS Southern Federal University, Rostov-on-Don; <sup>3</sup> LLC Gold Mining Corporation, Magadan)

*Based on native gold morphology features analysis, its internal structure, chemical composition variations and relationships with other minerals in Berentalskoye field ores, five genetic gold groups are distinguished, their formation sequence, and relation to mineral associations and various levels of erosional truncation were defined. Gold typomorphism suggests its multiple deposition and epicrystallization transformations. Presence of several gold groups at various Berentalskoye ore field mineral occurrences indicates complex gold redistribution history within a single prolonged mineralization process.*

*Keywords: native gold, typomorphism, morphology, internal structure, admixture elements, mineral associations, gold deposit zoning.*



## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ НЕДРА СИБИРИ -2019

Дата проведения: **4-5 декабря**  
Место проведения: **г.Иркутск**

*На совещание приглашаются предприятия, ведущие добычу драгоценных металлов и алмазов из россыпных месторождений.*



**Темы совещания:** Отработка техногенных месторождений  
Отработка труднопромывистых песков россыпных месторождений  
Добыча и переработка песков россыпных месторождений дражным способом  
Обогатительное оборудование

