

УДК 553.661.2

ТИПОМОРФИЗМ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА БАЛХАЧСКОГО РУДНОГО УЗЛА (КАМЧАТКА).

Андреева Е.Д.^{1,2}, Кудяева Ш.С.²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

² *Камчатский Государственный Университет имени Витуса Беринга*

Научный руководитель: к.г.-м.н. Округин В.М.

Балхачский золоторудный узел (четыре разновозрастных золото-серебряных месторождения - Кунгурцевское, Золотое, Бараньевское, Угловое) располагается в пределах вулканотектонической структуры Бахлач – одной из наиболее крупных и перспективных в Центрально-Камчатском вулканическом поясе. Самородное золото отличается разнообразием размеров, форм, микроструктуры, состава, структурной позиции, минералов, которые с ним ассоциируют, возраста и особенностей генезиса. Выделено два типа самородного золота – коренное и россыпное (делювиальное); первичное и вторичное (золото кварцевых друз и пустот); свободное и связанное; однородное (по своему химическому составу) и неоднородное. Пробность варьирует в пределах 430-940.

Ключевые слова: самородное золото, типоморфизм, Камчатка, делювиальная россыпь.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование типоморфных особенностей самородного золота играет важную роль в понимании условий рудообразования [4,5,8]. Оно необходимо для решения как фундаментальных, так и прикладных задач рудной геологии. К фундаментальным задачам относятся - физико-химические параметры рудообразующей среды, процессы переноса, отложения и концентрирования золота в земной коре. В практической геологии они используются в качестве одного из критериев при оценке геохимической специализации рудных районов, типизации конкретных рудных объектов, коренных источников и россыпеобразующих формаций.

Балхачский золоторудный узел, который объединяет не менее четырех разновозрастных эпиптермальных золото-серебряных месторождений (Кунгурцевское, Золотое, Бараньевское, Угловое), ряд рудопроявлений и

пунктов рудной минерализации, входит в число наиболее перспективных золоторудных объектов Центрально-Камчатского горнорудного района (рис. 1). Золоторудный узел располагается в непосредственной близости от Абдрахимовского рудного поля, на территории которого ведется промышленная добыча коренного золота (Агинский ГОК) и незначительном удалении от медно-никелевого месторождения Шануч [1, 3]. Таким образом, в этом районе с одной стороны уже созданы некоторые элементы инфраструктуры, а с другой стороны нарастает дефицит руды для обеспечения деятельности существующих горнорудных предприятий. Поэтому изучение типоморфных особенностей самородного золота перспективных рудных объектов Балхачского золоторудного узла актуально и будет способствовать совершенствованию технологий комплексной переработки и наращивания запасов рудного сырья.

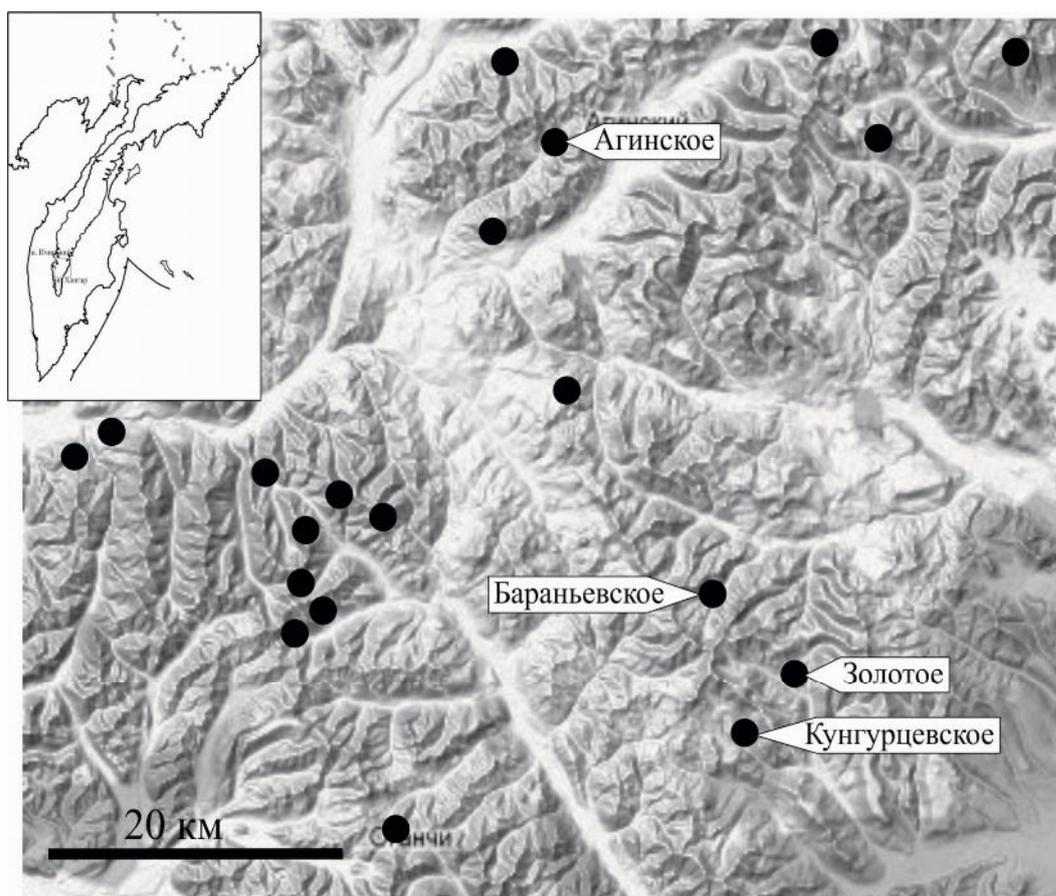


Рис. 1. Схематическая карта Центрально-Камчатского горнорудного района, показывающая локализацию исследованных объектов.

В данной работе приводятся результаты изучения типоморфных особенностей самородного золота этого золоторудного узла, такие как размеры, форма, микроморфология, микроструктура, химический состав, минеральные ассоциации и некоторые С-Р-Т (концентрация – давление – температура) параметры минералообразующих растворов. В основу типизации самородного золота по его составу (пробности) положены работы Н.В. Петровской и Л.Н. Николаевой и др. [4,5,8].

ГЕОЛОГИЯ РАЙОНА

Эпитермальные золото-серебряные месторождения Балхачского золоторудного узла неравномерно распределены на площади вулканотектонической структуры (ВТС) Балхач. Она располагается в пределах Центрально-Камчатского наложенного олигоцен-плейстоценового вулканоплутонического пояса [3]. В геолого-экономическом отношении золоторудный узел входит в число наиболее перспективных объектов Центрально-Камчатского горнорудного района (рис. 1). Балхачская ВТС имеет округлые очертания и трассируется внешними кольцевыми разломами. Рудные месторождения локализуются по перифериям разновозрастных, в разной степени эродированных, вулканических построек. Вмещающими породами выступают миоценовые вулканиты андезитового, андезибазальтового состава, их туфы, относимые к кимитинскому комплексу. Интрузивные образования ВТС представлены субвулканическими андезитами, андезибазальтами и диоритами.

Жильные зоны месторождений Балхачского золоторудного узла сложены кварцем разной степени кристалличности (от криптозернистого опаловидного и халцедоноподобного до мелкозернистого друзовидного), карбонатами (от кальцита до кутнаита), адуляром, серицитом и глинистыми смешаннослойными минералами (смектит-хлорит). Для месторождений

методом К-Аг датирования получены следующие данные: Кунгурцевское – 21 млн. лет, Золотое – 17 млн. лет и Бараньевское – 3-2 млн. лет [6,7].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения типоморфных особенностей самородного золота было отобрано более 50 представительных образцов жильной массы и около 80 шлихов. В лабораторных условиях образцы были подготовлены к различным видам химико-аналитических исследований.

В отраженном свете с помощью современных прецизионных стерео- и поляризационных микроскопов Discovery V 12, Axioskop-40, Axioplan 2 imaging (Carl Zeiss, Германия), оборудованных автоматическими системами для фотодокументации, были охарактеризованы размеры, морфология, оптические свойства, минеральные ассоциации и структурная позиция самородного золота. Химический состав, спектр и особенности распределения элементов-примесей, микроморфология и микроструктура, детальная диагностика минералов золотоносных ассоциаций определялись методами локального рентгеноспектрального с электронным зондом микроанализа (автоматизированная система Камебакс) и сканирующей аналитической электронной микроскопии (SEM Tescan Vega 3LMH с X-max 80). Оценка С-Р-Т параметров гидротермальных минерало-образующих растворов осуществлялась методами термобарогеохимии газовой-жидких включений (оптико-электронная специализированная система Linkam-600). Выполнено более 400 микрозондовых анализов, до 100 измерений температур криометрии и гомогенизации газовой-жидких включений.

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА

Кунгурцевское месторождение. В рудах Кунгурцевского месторождения самородное золото образует: - кокарды вокруг обломков вмещающих пород в гидротермальных брек-чиях; - рассеянно в кварц-глинистой жильной массе. По морфологии выделяются зерна простой комковатой и интерстициальной разновидностей (рис. 2а-в).

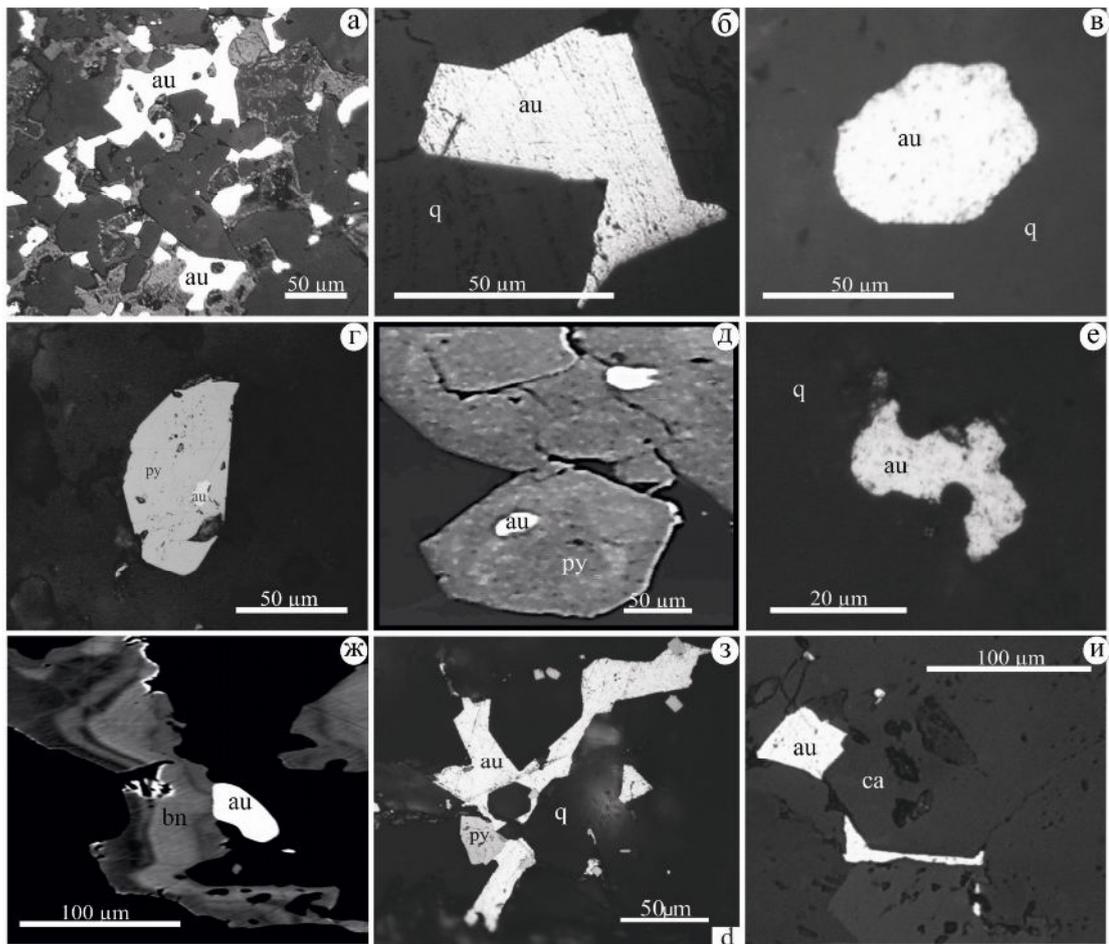


Рис. 2. Формы выделения самородного золота: а-в месторождение Кунгурцевское: а) интерстициальная форма золота, сростание с Ag-обогащенной фазой в жильном материале рудного тела Главное; б) зерно самородного золота угнетенной формы в кварце жильной зоны № 17; в) комковидное золото из жильной зоны № 14; г-д месторождение Золотое: г) включение самородного золота в пирите; д) связанное самородное золото – овальное микровключение в неоднородном по составу мышьяк-содержащем пирите (белые зоны – участки обогащенные мышьяком); е) свободное самородное золото – выделение сложной формы в кварцевом жильном агрегате; ж-и месторождение Бараньевское: ж) взаимоотношение зональной блеклой руды с электрумом в медных рудах; з) сростание электрума и пирита в кварц-карбонат-адуляровом штокверке; и) зерна золота, выполняющие интерстиции между кристаллами кальцита и кварца в карбонатных рудах. Фото в обратно рассеянных электронах, au - самородное золото, py - пирит, bn - блеклая руда q – кварц, са – карбонат.

Размеры меняются в широких пределах от 15 до 50 μm для золотинок комковатой формы и от 50 до 200 μm для интерстициального золота. В гидротермальных брекчиях золото находится в сростании с се-ребро-несущей фазой, в которой концентрации Ag достигают 83 % (рис. 2а). В кварц-глинистом жильном агрегате золото ассоциируют с пиритом и другими сульфидами. Оно практически не обнаруживает признаков неодно-

родного строения по своему химическому составу (гомогенное). Его пробность меняется от 800 до 920 (табл. 1, рис. 3).

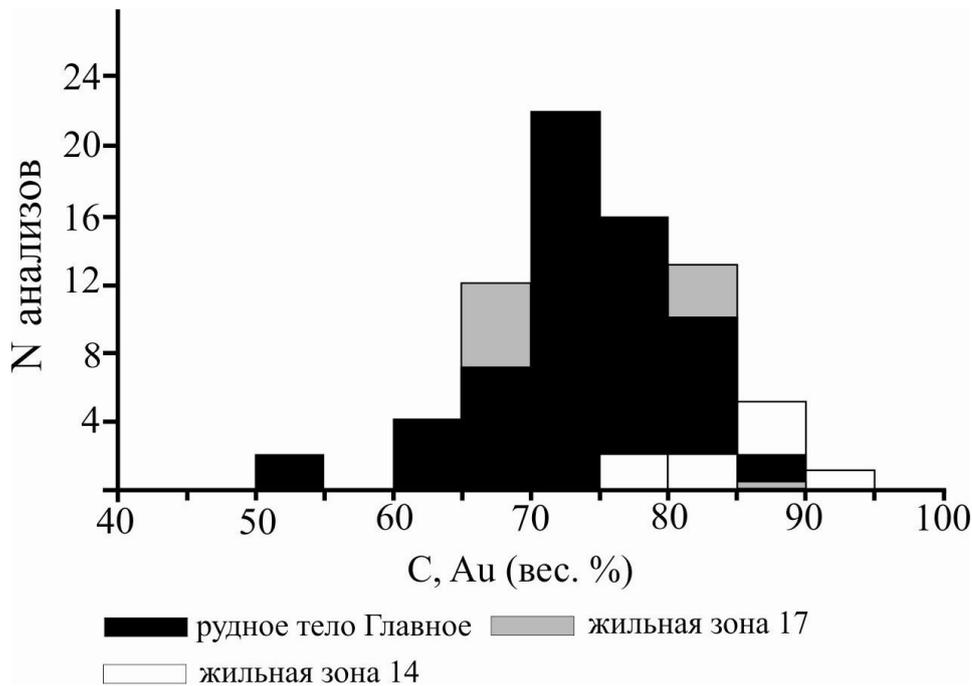


Рис. 3. Гистограммы вариаций значений Au в самородном золоте месторождения Кунгурцевское.

Согласно классификации Н.В. Петровской оно относится к высокопробному и золоту средней пробности [8]. Температуры отложения золота по данным термобарогеохимии составили 130-260 °С [1,2].

Золотое месторождение. Основная часть золота находится в виде микронных включений в As-содержащем пирите (As до 5 %). В единичном зерне пирита может находиться от одного до нескольких золотых включений (рис. 1г, д). Другая, не менее распространенная форма нахождения самородного золота – обособления различной формы и размеров или срастания с другими минералами в кварц-адуляровой жильной массе (рис. 1е). Размеры собственных выделений золота не превышают 200 мкм. Химический состав самородного золота: Au - от 75 до 90 %; Ag - от 10 до 25 %, соответственно (табл. 1, рис. 4). По вариациям концентраций Ag выделены две разновидности самородного золота - высокопробное и относительно низкопробное. Температуры гомогенизации газовой-жидких включений варьируют от 140-280 °С [1,2].

Таблица 1. Представительные микрозондовые анализы самородного золота Балхачского золоторудного узла						
Название	Тип руд	Весовые %			Атомные %	
		Au	Ag	Σ	Au	Ag
Кунгурцевское	Рудное тело Главное	82,20	18,41	100,60	70,98	29,02
		81,77	18,48	100,25	70,78	29,22
		81,83	18,66	100,49	70,63	29,37
	Жильная зона № 17	83,22	16,77	99,99	73,10	26,90
		84,03	15,97	100,00	74,24	25,76
		84,46	15,54	100,00	74,85	15,15
	Жильная зона № 14	80,84	19,16	100,00	69,80	30,20
		89,95	10,47	100,42	82,41	17,59
		90,50	10,04	100,54	83,31	16,69
		91,78	8,22	100,00	85,95	14,05
Золотое		75,35	24,94	100,31	62,3	37,66
		77,73	21,48	99,21	66,47	33,53
		75,99	24,01	100,00	63,41	36,59
		78,61	21,39	100,00	66,81	33,19
		78,17	22,1	100,27	65,95	34,05
		88,23	11,77	100,00	80,41	19,59
		89,03	11,60	100,63	80,78	19,22
		90,72	9,27	99,99	84,27	15,73
		90,01	9,36	99,37	84,04	15,96
		90,32	8,96	99,28	84,66	15,34
Бараньевское	Au-Ag комплекс	80,55	19,10	99,65	69,79	30,21
		80,60	19,40	100,00	69,47	30,53
		81,69	18,30	99,99	70,97	29,03
		82,00	18,68	100,68	70,63	29,37
		82,51	17,96	100,47	71,55	28,45
	Штокверк	79,15	18,74	97,89	69,81	30,19
		80,35	18,79	99,14	79,08	29,93
		78,57	18,86	97,43	69,52	30,48
		79,48	18,72	98,20	69,92	30,08
		79,17	18,65	97,82	69,93	30,07
	Карбонатные руды	78,87	20,00	98,87	68,76	31,24
		79,76	20,43	100,19	68,85	31,25
		79,33	20,67	100,00	68,44	31,56
		80,89	19,40	100,29	69,84	30,16
		80,73	19,71	100,45	69,42	30,58
	Золото метасо- матитов и дел- лювия	78,75	18,67	97,42	69,79	30,21
		79,95	20,05	100,00	68,59	31,41
		80,90	18,17	99,07	70,92	29,08
		81,95	18,08	100,03	71,28	28,72
		94,15	6, 18	100,33	89,29	10,71
	Медные руды	76,84	23,16	100,00	65,50	34,50
		42,90	57,10	100,00	59,21	40,79
		84,24	15,86	100,08	72,24	27,76

Бараньевское месторождение. Система жильных зон Бараньевское месторождения, в отличие от ранее описанных месторождений, сложена различными по морфологии и минеральному составу рудными образованиями. Различают стволую жилу медного состава, кварц-карбонат-адуляровые и карбонатные жилы выполнения и кварц-карбонат-адуляровый штокверк. Присутствие золота отмечается во всех разновидностях рудных тел. Кроме того часть золота отлагалась в пустотах метасоматитов, выполненных призматическими кристаллами кварца. Вымытые поверхностными водами золотины концентрируются в делювиальных россыпях вблизи коренных рудных тел.

В медных рудах золото - редко встречающийся минерал. В основном, оно образует включения в раннем катаклазированном пирите и халькопирите. В минералах более поздней халькопирит-борнит-тетраэдрит-теннантитовой ассоциации золото присутствует в виде единичных округлых включений в тетраэдрите (рис. 1 ж). Оно представлено электрумом при вариациях концентраций Ag 24-58 % (табл. 1).

В кварц-карбонат-адуляровых рудах золото самый распространенный минерал. Оно свободно рассеяно в жильном материале, а также образует многочисленные сростания с пиритом, сфалеритом, галенитом, халькопиритом и гесситом. Размеры зерен меняются от 30 до 200 μm . Золото двух видов: средней пробы и низкопробное (электрум). Концентрации Au в золоте составляют 80-82 % (табл. 1, рис. 5).

В рудах кварц-карбонат-адулярового штокверка золото присутствует как в свободной форме, так и в связанном виде, образуя сростания с сульфидами и теллуридами (рис. 2з). Пирит, ассоциирующий с золотом, отличается неоднородным строением по своему химическому составу за счет аномального концентрирования мышьяка в отдельных зонах (As до 3 %). По составу золото отвечает средней пробы с концентрациями Au 78-80 % (табл. 1, рис. 5).

В карбонатных рудах золото характеризуется интерстициальной формой выделения, выполняя всевозможные свободные пространства между кристаллами кварца и кальцита (рис. 2и). Размеры зерен составляют порядка 200 мкм. Золото средней пробыности. Концентрации Au составляют 78-80 % (табл. 1, рис. 5).

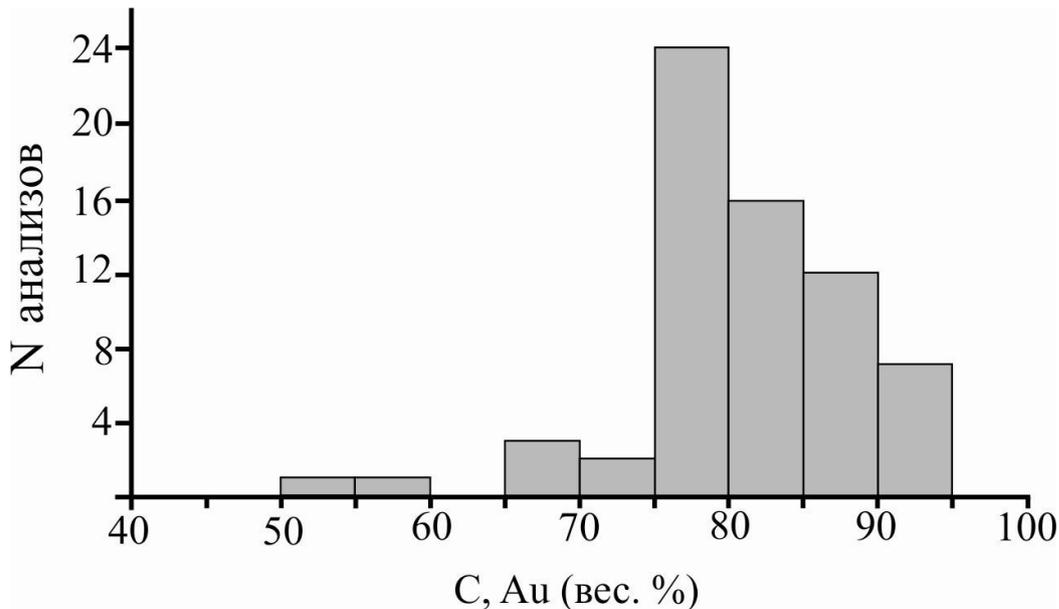


Рис. 4. Гистограммы вариаций значений Au в самородном золоте месторождения Золотое.

В пустотах метасоматитов золото ассоциирует с кварцем, для которого характерна призматическая форма кристаллов (своеобразные кварцевые микродрозы). По морфологии золотины делятся на лентовидные, одиночные идиоморфные кристаллы, дендритовидные агрегаты и их срастания. Размеры лент, дендритовидных агрегатов меняются от первых мм до нескольких см. Золото представлено электрумом и самородным золотом средней пробыности. Под воздействием различных факторов золотины осыпаются с кварцевых щеток и концентрируются вблизи, образуя делювиальные россыпи. Золото таких россыпей, практически, неотлично от золота коренного источника (кварцевые щетки и пустоты). В отдельных случаях некоторые золотины несут следы механических деформаций, выра-

женные, прежде всего, в легком изменении внешнего облика (упрощение морфологии краевых

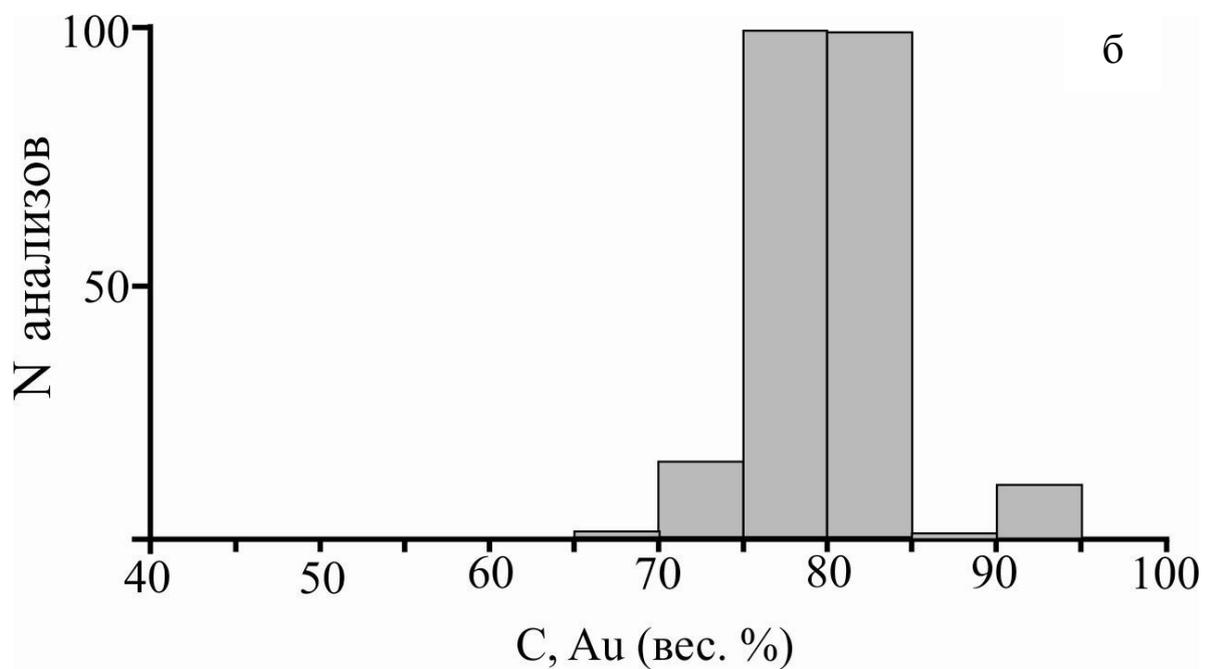
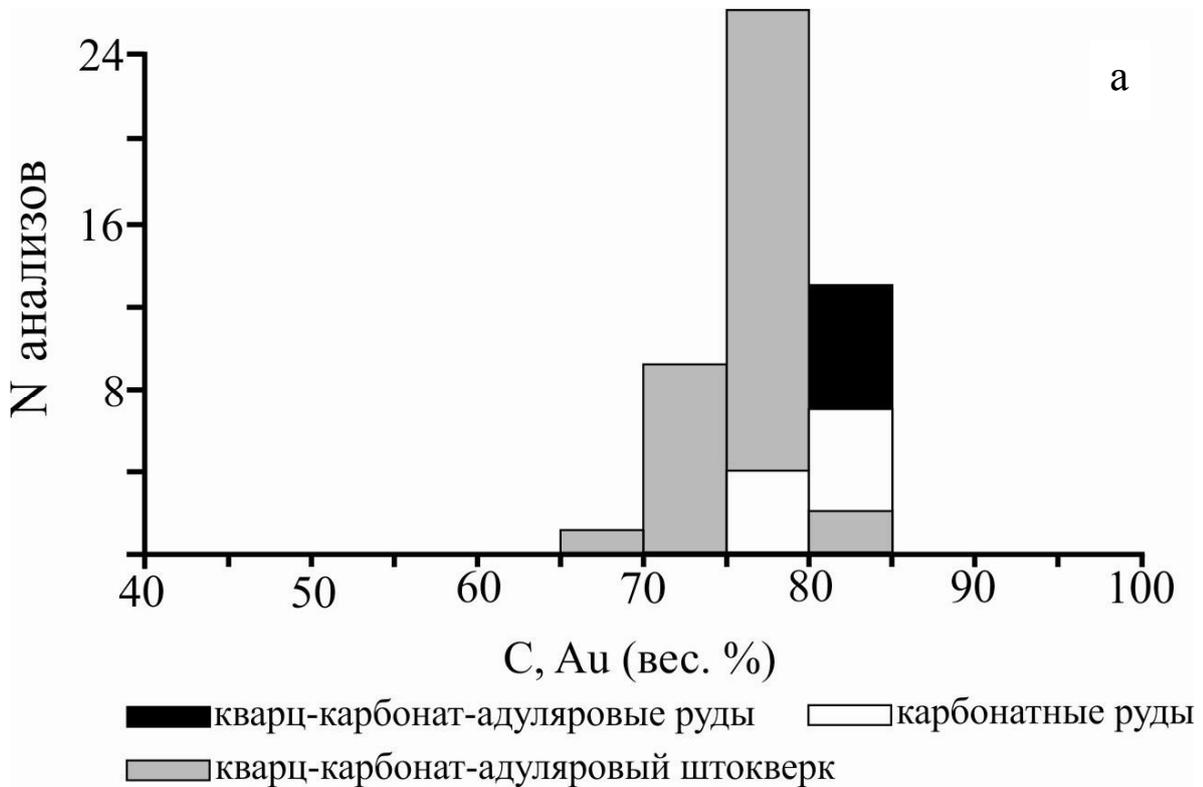


Рис. 5. Гистограммы вариаций значений Au в самородном золоте месторождения Бараньевское: а – рудное самородное золото; б – самородное золото пустот метасоматитов и делювиальной россыпи.

частей зерен, смятие и царапины на поверхности). У единичных золотинок были обнаружены высокопробные каймы (Au до 94 %, табл. 1). Концентрации Au в золотишках варьируют в узком интервале - 78-81 % (табл. 1, рис. 5). Температуры гомогенизации меняются в широких пределах 190-310 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены результаты изучения типоморфных особенностей самородного золота эпитермальных разновозрастных золото-серебряных месторождений Балхачского золотрудного рудного узла

По своему химическому составу самородное золото подразделяется на высокопробное, средней пробности, низкопробное и, гораздо реже, встречается электрум.

Оно не содержит каких-либо элементов-примесей, кроме серебра и не обнаруживает явных признаков неоднородного строения по своему химическому составу.

Самородное золото месторождения Кунгурцевского (возраст 21 млн. лет) характеризуется мелкими размерами и простой морфологией (комковатые, интерстициальные выделения). По составу это высокопробное и средней пробности золото. Отложение самородного золота и сопутствующих минералов происходило из разбавленных гидротермальных растворов с температурой 130-260 °С.

Золото месторождения Золотое (возраст 17 млн. лет) также характеризуется весьма мелкими размерами и ассоциирует с сульфидами и сульфосолями. Кристаллы имеют угнетенную форму. Золото высокопробное и средней пробности. Температуры растворов варьируют в пределах 140-280 °С.

В Бараньевском месторождении (возраст 2-3 млн. лет) золото концентрируется в различных типах руд. Размеры меняются от весьма мелких (несколько микрон) в кварц-карбонат-адуляровых рудах до крупных в карбонатных рудах. Золото представлено электрумом и низкопробным само-

родным золотом. В медных рудах был диагностирован только электрум. Температуры гомогенизации газовой-жидких включений составили 190-310 °С.

В сравнении с другими эпипермальными золото-серебряными месторождениями Тихоокеанского кольца месторождения Центральной Камчатки характеризуется наиболее высокопробным золотом [9, 10, 11].

За помощь в проведение исследований, предоставление каменного и фактического материала авторы благодарят сотрудников компании ООО «Золото Камчатки Эксплорейшн». Отдельное спасибо научному руководителю В.М. Округину за постановку научной проблемы, постоянное внимание и непосредственное участие в проведении исследований. Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории вулканогенного рудообразования, без которых успешное выполнение исследований было бы невозможным: В.М Чубарову., Т.М. Философовой и С.В. Москалевой, В.В. Куликову и С.В. Полушину. Особая благодарность Р.Н. Куликовой за подготовку высококачественных плоскопараллельных препаратов для термобарогеохимических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, в рамках программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012-2016 гг. и гранта ДВО РАН № 13-III-B-08-189.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Андреева Е.Д., Буханова Д.С.* О температурном режиме формирования неогеновых золото-серебряных месторождений Центральной Камчатки // Сборник трудов III Всероссийской школы молодых ученых «Экспериментальная минералогия, петрология и геохимия». - Черноголовка. – 2012. –С. 5-7.
2. *Андреева Е.Д., Яблокова Д.А.* Первые результаты применения рамановской спектроскопии для изучения эпитеpmальных месторождений Камчатки // Материалы XII региональной молодежной научной конференции «Природная среда Камчатки». – Петропавловск-Камчатский. – 2013. – С. 5-15.
3. *Большаков Н.М., Фролов А.И., Минеев С.Д., Газизов Р.Б., Безрукова Л.А., Округин В.М.* Геологическое строение золоторудного месторождения Бараньевское (Центральная Камчатка) // Отечественная геология. - 2010. -№ 4. - С. 15-22.
4. *Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В.* Самородное золото рудных и россыпных месторождений России - М.: ЦНИГРИ. – 2003. – 185с.
5. *Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В., Шатилова Л.В.* Типоморфизм самородного золота - М.: ЦНИГРИ. – 2003. – 70с.
6. *Округин В.М., Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Савва Н.Е., Андреева Е.Д., Ким А.У., Шишканова К.О., Матсуда Х., Оно Ш., Такахашии Р., Ватанабе К., Имаи А.* К проблеме источников вещества и воды эпитеpmальных месторождений Северо-Востока России и Японии // Материалы IV симпозиума по вулканологии и сейсмологии «Вулканизм и Геодинамика». - Петропавловск-Камчатский.- 2009. –Т.2. - С.790.
7. *Округин В.М., Андреева Е.Д., Ким А.У., Пузанков И.М., Шишканова К.О., Матсуда Х., Оно Ш., Такахашии Р., Ватанабе К.* Вулканогенные гидротермальные месторождения зоны перехода континент-океан (Камчатка, Япония) // Материалы XXI Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика В.И. Смирнова «Фундаментальные проблемы геологии месторождения и металлогении». – Москва. – 2010.- С.47-49 .
8. *Петровская Н.В.* Самородное золото. - М.: Наука. - 1973. - 348с.
9. *Shikazono N.* Au/Ag total production ratio and Au-Ag minerals from vein-type and disseminated-type deposits in Japan // Min. Geol. -1986. – №36. - P. 411-424.
10. *Shikazono N., and Shimizu M.* The Ag/Au ratio of native gold and electrum and the geochemical environment of gold vein deposits in Japan // Mineral. Deposita. – 1987. №22. – P. 309-319.
11. *Shikazono N.* Native gold // Tokyo University Bul. – 1988. – №31-33. - P. 1-88.

TYPOMORPHIC CHARACTERISTICS OF NATIVE GOLD FROM
THE BALKHACH GOLD KNOT

E.D. Andreeva^{1,2}, Sh. S. Kudaeva²

¹*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS*

²*Vitus Bering Kamchatka State University*

The Balkhach ore knot units different age gold-silver Kungurcevscoe, Zolotoe and Baranevskoe deposits, which are randomly occurred within the volcanic-tectonic structure Balkhach at the Central Kamchatka mining district. The native gold is occurred in quartz-carbonate-adularia-gold-silver ores, carbonate ores, and copper ores, also in cavity of the metosomatites and diluvium. Gold of ores is tiny in size with diversity of crystal shapes. It is associated with sulfides and sulfosalts. The Au content is varying from 43 to 91 %. Gold occurring in cavities of metosomatities and diluvium is characterized by larger size and crystal of free growth. The Au content in this gold is ranging from 78-81 %. Some of gold is displaying increasing of Au content from core to rim of the gold grain.