

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЁРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 553.411.071: 549

Коренное золотопроявление на «Территории» Олега Куваева (север Чукотского нагорья)

**В.И. Силаев^а, А.В. Кокин^б, В.Н. Филиппов^а, А.Ф. Хазов^а, Д.В. Киселёва^с,
Н.В. Чередниченко^с, Е.А. Васильев^д**

^аИнститут геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, 54. E-mail: silaev@geo.komisc.ru

^бЮжно-Российский институт управления, филиал РАНХ и ГС при Президенте РФ
344002, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 70/54. E-mail: alex@avkokin.ru

^сИнститут геологии и геохимии УрО РАН

620016, Екатеринбург, ул. Вонсовского, 15

^дСанкт-Петербургский государственный горный университет

199106, СПб, В. О., Линия 21, 2

(Статья поступила в редакцию 4 августа 2021)

Комплексно исследован образец золотоносной кварцевой жилы с Верхне-Ичужеумского рудопроявления, выявленного в триасовом терригенном комплексе на севере Чукотского нагорья – «Территории» Олега Куваева. Валовое содержание золота оценивается в 3–4 г/т. В состав жилы входят кварц, самородное золото, сульфидно-золото-серебряные твердые растворы, алюмоселадонит, алюмо-сульфато-фосфаты Fe-Pb-Mg-Ca состава, апатит, пирит, железо-титановые оксиды, глёт, самородные фазы состава Fe (Ni), Ag-Pb-Bi, Fe-Al-P-S-As, поликомпонентные охры гипергенного происхождения. Самородное золото колеблется от средне- до высокопробного. В составе жилы обнаружены частицы некристаллического органического вещества, близкого по составу органических групп к полисахаридам. Не исключено, что выявленные в золотокварцевой жиле углеродные частицы имеют abiогенную природу и могут быть сопоставлены с abiогенными конденсированными органоидами в продуктах современного вулканизма. Полученные данные позволяют отнести Верхне-Ичужеумское золоторудное проявление к малосульфидной золотокварцевой формации, но с дополнительными признаками золотосеребряной и полиметаллических формаций, что можно расценивать как благоприятную предпосылку для поисков и разведок на «Территории» Олега Куваева не только золото-россыпных, но и золото-коренных месторождений.

Ключевые слова: север Чукотского нагорья, коренное золотопроявление, самородное золото, сульфидно-золото-серебряные твердые растворы, минералы-спутники эндогенного и вторичного происхождения, abiогенное углеродное вещество.

DOI: 10.17072/psu.geol. 20.3.250

Введение

Колымско-Чукотская горная область остается крупнейшей по прогнозным ресурсам и добыче золота провинцией в России (Абрамович и др., 1999). Только на притоках р. Колымы было добыто более 2500 т золота, а на арктических приморских равнинах Чукотки уровень годовой добычи такого золота в 1970–1980-е гг. достигал 30–35 т (Агиба-

лов, 2019). В настоящее время именно арктическая зона на Северо-Востоке России, включая северную часть Чукотского нагорья, считается последним в России резервуаром крупных золото-россыпных месторождений, включая погребенные россыпи (Волков и др., 2018; Лаломов и др., 2015). Однако действительно надежная реализация такого рода надежд может быть обеспечена не столько поисками и разведками россыпей, сколько зна-

чительным прогрессом в понимании природы первичной золотоносности этой территории и поисками на этой основе коренных источников россыпного золота, масштаб которых, учитывая уникальную продуктивность колымско-чукотских речных россыпей, может оказаться весьма значительным.

Как известно, в период «золотого века» россыпной золотодобычи на рассматриваемой территории такая задача не считалась актуальной, поскольку предполагалось, что богатство россыпей как раз и свидетельствует о практически полной эрозии коренных месторождений. В настоящее же время отсутствие данных о последних представляется лишь результатом геологической недоизученности, например, в Яно-Колымской зоне уже известны более 450 месторождений и рудопроявлений коренного золота, в основном малосульфидной золото-кварцевой формации. Стало также понятно, что уникальная продуктивность золотых россыпей на территории Колымско-Чукотской горной области обусловлено не тотальной эрозией коренных источников, а особым – аккреционным – типом ее геодинамической истории (Соколов, 1992). Рассматриваемая территория, включая и северную часть Чукотского нагорья, представляет собой активную континентальную окраину мелового возраста (Котляр, Русакова, 2004; Березнер, Скрипко, 2016), что и

предопределило здесь разнообразную эндогенную рудоносность точно в соответствие с главным металлогеническим принципом Ю.А. Билибина о сомасштабности геологических процессов и эндогенной рудоносности. Становится понятно, что именно исследование коренной золотоносности и может дать новый импульс золотодобычи на традиционно россыпных площадях.

Непосредственным объектом наших исследований стал штуф, отобранный Р.У. Бинеевым на Верхне-Ичувеевском рудопроявлении из золотоносной кварцевой жилы. Это коренное золотопроявление расположено на западном склоне Ичувеевского хребта (рис. 1), в правом борту реки Средний Ичувеев, ниже по течению которой с конца 1950-х гг. отрабатывались богатые золотые россыпи. Проявление приурочено к нижнетриасовому терригенному комплексу (переслаивание алевролитов и песчаников), который сечется системой золотосодержащих кварцевых жил и прожилок субмеридионального простирания. Первооткрывателями оно было отнесено к эпитермальным без пространственной связи с магматизмом.

Для нас особый интерес Верхне-Ичувеевское золотопроявление представляет в связи с тем, что оно располагается на «Территории» Олега Куваева, который после окончания МГРИ в 1958 г. добился распре-

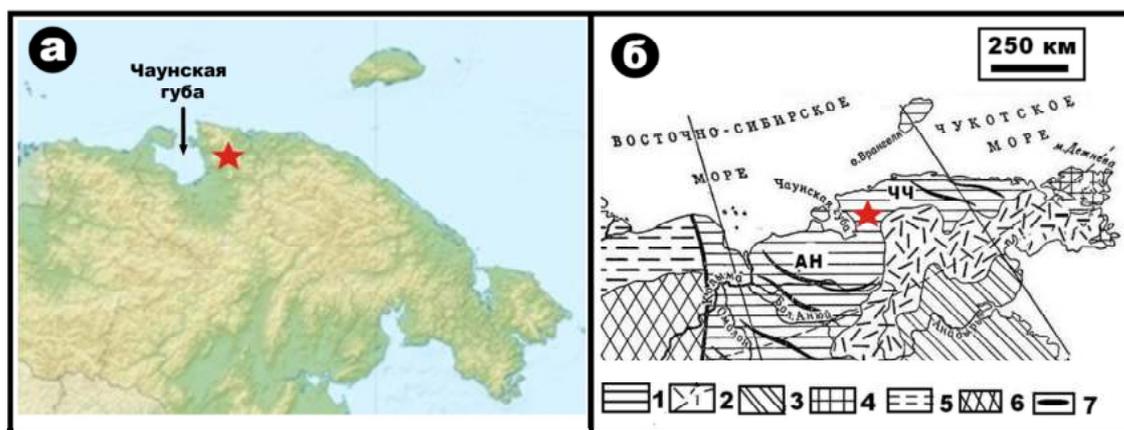


Рис. 1. Географическое положение (а) и геотектоническая позиция (б) Верхне-Ичувеевского золотопроявления в рамках Анюйско-Чаунской складчатой области: 1 – Анюйско-Чаунская складчатая система; 2 – Охотско-Чукотский вулканический пояс; 3 – Корьякско-Камчатская кайнозойская складчатая область; 4 – Чукотский остаточный массив; 5 – Верхояно-Колымская складчатая система; 6 – Колымский срединный массив; 7 – оси главных складок. Красной звездой отмечено местонахождение исследуемого рудного объекта



Рис. 2. Золотоискатели: а – Олег Михайлович Куваев (1934–1975) и его «Территория» (автор романа – прототип Сергея Баклакова); б – Николай Ильич Чемоданов (1917–1969), первооткрыватель и лауреат Сталинской (I степени) и Ленинской премий (прототип Ильи Чинкова по прозвищу «Будда»); в – супруги Бинеевы – Галина Вениаминовна (организатор пробирного отдела химической лаборатории в Чаунской ГРЭ и Рифат Умярович (горный инженер-геолог Чаунской ГРЭ).

деления на Чукотку и три года проработал в Чаунском РАЙГРУ. Именно полученный в эти годы опыт и лег в основу бессмертного романа о золотоискателях¹ (рис. 2).

Объект и методы исследований

Объектом исследований послужил образец размером $40 \times 33 \times 27$ мм бесцветного на сколе жильного кварца с гнездами крупнокристаллического самородного золота. Размер таких гнезд в плоскости образца варьировал в пределах $(6.5 \pm 1) \times (4.6 \pm 1.1)$ мм. Поверхность штуфа была покрыта темно-серой тонкой коркой неопределенного состава и пятнами буроватых охр размером $(6.3 \pm 4.5) \times (3.5 \pm 3)$ мм (рис. 3).

Исследования образца осуществлялись с использованием фото- и дифрактометрической рентгенометрии (XRD-600 Jeol); рентгенофлуоресцентного анализа (XRD-1800 Shimadzu); аналитической сканирующей электронной микроскопии (JSM-6400 Jeol;

TESCAN VEGA3 LMN); масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (NexION 305 Perkin Elmer); инфракрасной (VERTEX-70 с микроскопом HYPERION1000) и рамановской (Renishaw in Via) спектроскопии; изотопной масс-спектрометрии (проточный масс-спектрометр Delta V Avantage и аналитический комплекс Thermo Fisher), газовой пирохроматографии (Цвет-800 с пиролитической приставкой).

Химический и фазовый составы кварцевой жилы

Валовый химический состав золотоносной кварцевой жилы (мас. %): SiO_2 – 96.98; TiO_2 – 0.1; Al_2O_3 – 1.21; Fe_2O_3 – 0.23; MnO – 0.03; MgO – 0.13; CaO – 0.62; Na_2O – 0.18; K_2O – 0.23; P_2O_5 – 0.26; PbO – 0.03. Нормативно-минеральный состав (мол. %): кварц – 93.39; альбит – 2.12; слюда – 2.5; железо-титановые оксиды – 0.19; апатит и алюмо-сульфато-фосфаты – 0.72; охры – 1.08. Содержание золота в жиле оценивается в 3–4 г/т.

¹ Одно из последних изданий: О. Куваев «Территория». Изд-во Азбука, 2016. 352 с.

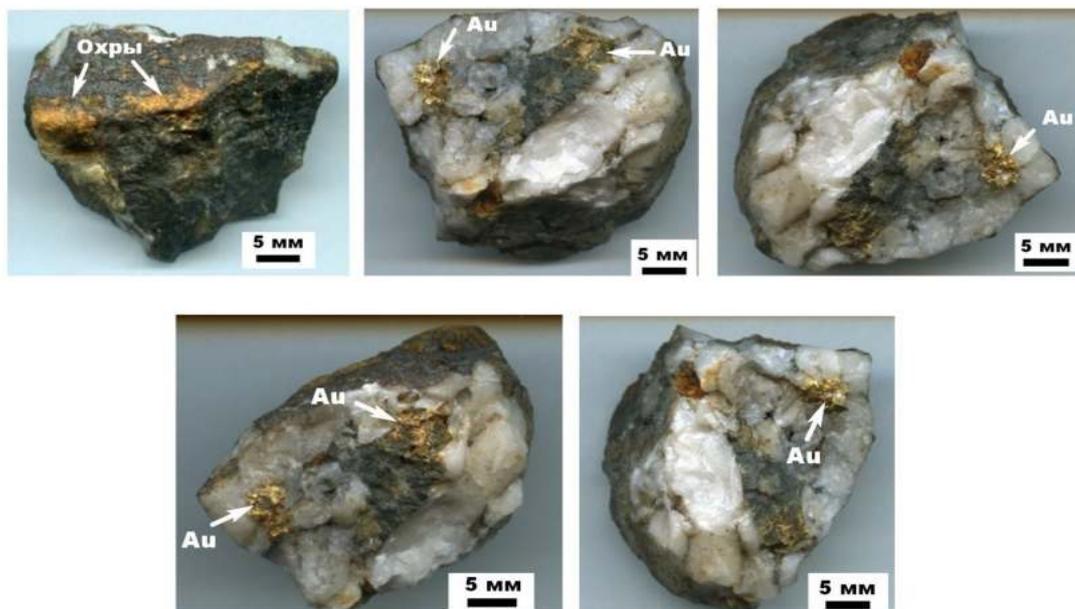


Рис. 3. Исследованный образец с Верхне-Ичугеевского золотопоявления, стрелками показаны гнездообразная вкрапленность самородного золота (Au) и пленки поликомпонентных охристых образований (охры)

Слюда в исследованном образце представлена довольно типичным алюмоселадонитом (табл. 1), что характерно для эндогенных обстановок.

Важной примесью к кварцу выступают поликомпонентные (Pb-Fe-Zn-Ca-Mg-K) алюмо-сульфато-фосфаты, образующие в жиле рассеянную вкрапленность глобуловидных или немного удлиненных форм размером 1–8 мкм и ихglomerовые срастания размером до 50 мкм. Изредка такие образования наблюдаются и на поверхности золотин (рис. 4). Состав алюмо-сульфато-фосфатов варьирует в весьма

широких пределах (табл. 2), что дает возможность подразделить эти фазы по стехиометрии на пять видов: 1) железистый и свинцово-железистый – $Me^{2+}_{3-5}Al_{2-3}[(P,Si)O_4]_2(OH)_{6-12}$; 2) железисто-свинцовый и магнезио-свинцово-железистый – $Me^{2+}_{6-7}Al_{7-10}[(P,Si,S)O_4]_6(OH)_{17-26}$; 3) кальцио-железисто-свинцовый – $Me^{2+}_9Al_{14}[(P,Si,S)O_4]_7(OH)_{39}$; 4) магнезио-железисто-свинцовый, магнезио-свинцово-железистый и железисто-свинцовый – $Me^{2+}_{11-13}Al_{8-14}[(P, Si,S)O_4]_{7-8}(OH)_{27-49}$; 5) свинцово-магнезио-железистый с лантаноидами – $Me^{2+}_5(Al, Ln)_3[(P, Si, S)O_4]_2(OH)_{12}$.

Таблица 1. Химический состав слюд, мас. %

№ п/п	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Эмпирические формулы
1	52.14	36.31	3.69	1.41	6.45	$K_{0.5}(Al_{1.71}Fe_{0.17}Mg_{0.13})_{2.01}[Al_{0.86}Si_{3.14}O_{10}](OH)_{1.54}$
2	52.26	37.66	3.31	He обн.	6.77	$K_{0.52}(Al_{1.85}Fe_{0.15})_2[Al_{0.83}Si_{3.17}O_{10}](OH)_{1.69}$
3	50.96	39.02	1.2	1.33	7.49	$K_{0.58}(Al_{1.82}Fe_{0.057}Mg_{0.123})_{1.99}[Al_{0.94}Si_{3.06}O_{10}](OH)_{1.49}$
4	49.78	36.46	3.57	1.7	8.49	$K_{0.66}(Al_{1.68}Fe_{0.16}Mg_{0.16})_2[Al_{0.95}Si_{3.05}O_{10}](OH)_{1.55}$
7	47.03	34.23	10.82	«	7.92	$K_{0.5}(Al_{1.71}Fe_{0.17}Mg_{0.13})_{2.01}[Al_{0.86}Si_{3.14}O_{10}](OH)_{1.54}$
8	50.18	38.51	1.51	1.28	8.52	$K_{0.78}(Al_{1.78}Fe_{0.08}Mg_{0.14})_2[Al_{0.40}Si_{3.6}O_{10}](OH)_{2.2}$
9	49.01	37.56	1.55	1.96	9.92	$K_{0.78}(Al_{1.74}Fe_{0.07}Mg_{0.18})_{1.99}[Al_{0.98}Si_{3.02}O_{10}](OH)_{1.59}$
10	52.99	36.95	1.82	He обн.	8.24	$K_{0.64}(Al_{1.92}Fe_{0.08})_2[Al_{0.75}Si_{3.25}O_{10}](OH)_{1.89}$

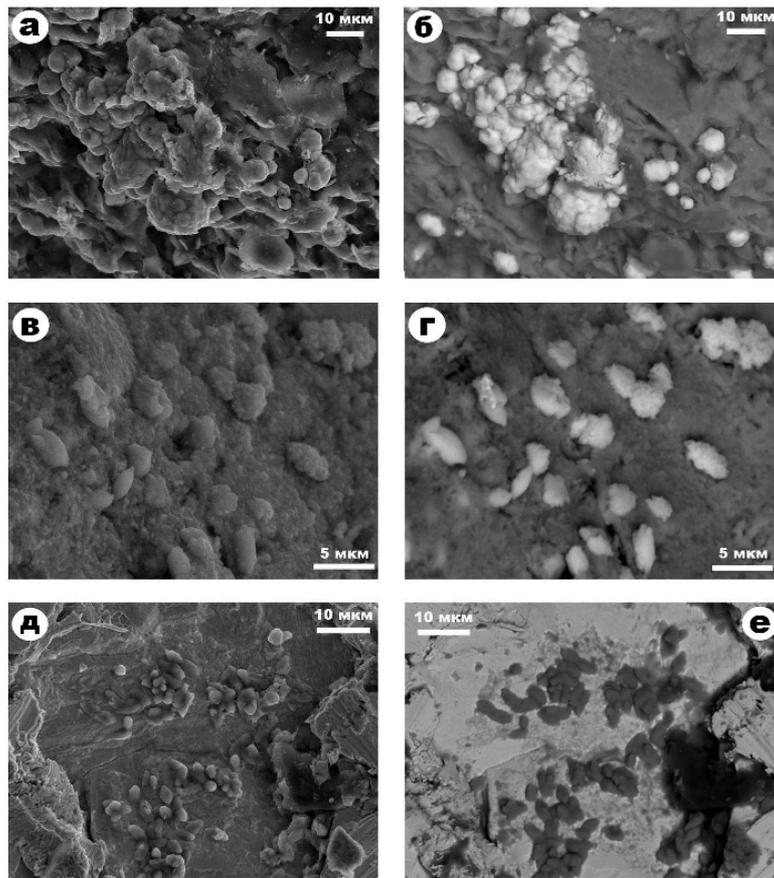


Рис. 4. Микровыделения поликомпонентных алюмо-сульфато-фосфатов в жильном кварце (а–г) и самородном золоте (д, е). СЭМ-изображения в режимах вторичных (а, в, д) и упруго-отраженных (б, г, е) электронов

Таблица 2. Химический состав алюмо-сульфато-фосфатов, мас. %

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	1.46	He обн.	He обн.	4.58	1.7	4.54	3.68	He обн.	1.39	1.54	2.31
Al ₂ O ₃	21.48	18.83	17.92	18.31	18.84	18.17	16.57	21.69	20.92	22.25	24.2
La ₂ O ₃	He обн.	He обн.	He обн.	2.12	He обн.	2.09	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.
Ce ₂ O ₃	«	«	«	4.33	«	4.28	«	«	«	«	«
Nd ₂ O ₃	«	«	«	1.26	«	1.26	«	«	«	«	«
Fe ₂ O ₃	10.21	12.91	23.28	39.05	19.99	38.53	23.02	15.8	14.34	10.51	8.73
PbO	43.06	45.96	32.14	10.02	29.84	9.91	28.09	46.55	46.35	46.44	46.02
CuO	He обн.	He обн.	1.25	He обн.	He обн.	1.05	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.	He обн.
ZnO	1.35	«	He обн.	1.5	«	1.52	«	«	«	«	«
MgO	0.02	2.06	5.18	3.08	3.98	3.06	2.99	«	«		
CaO	0.68	0.67	He обн.	1.28	1.12	1.26	1.23	«	«	0.94	0.72
SrO	He обн.	He обн.		He обн.	3.33	He обн.	3.36	«	«	«	«
K ₂ O	«	«	0.45	«	He обн.	«	He обн.	«	«	«	«
P ₂ O ₅	12.32	12.5	16.1	13.03	17.58	12.9	16.45	11.32	12.03	14.29	13.91
SO ₃	9.42	7.07	3.68	1.44	3.62	1.43	4.61	4.64	4.97	4.03	4.11

Примечание к табл. 2. Результаты анализа приведены к 100 %. Эмпирические формулы: 1 – $(\text{Pb}_{3.28}\text{Fe}_{2.17}\text{Zn}_{0.28}\text{Ca}_{0.2}\text{Mg}_{0.01})_{5.94}\text{Al}_{6.96}[(\text{P}_{0.49}\text{Si}_{0.07}\text{S}_{0.44})\text{O}_4]_6(\text{OH})_{16.98}$; 2 – $(\text{Pb}_{5.62}\text{Fe}_{4.4}\text{Ca}_{0.33}\text{Mg}_{1.41})_{11.76}\text{Al}_{10.08}[(\text{P}_{0.69}\text{S}_{0.31})\text{O}_4]_7(\text{OH})_{34.93}$; 3 – $(\text{Fe}_{4.01}\text{Pb}_{1.9}\text{Cu}_{0.21}\text{Mg}_{1.78}\text{K}_{0.14})_{8.124}\text{Al}_{9.03}[(\text{P}_{0.83}\text{S}_{0.27})\text{O}_4]_7(\text{OH})_{27.72}$; 4 – $(\text{Fe}_{3.77}\text{Pb}_{0.35}\text{Cu}_{0.21}\text{Zn}_{0.15}\text{Mg}_{0.6}\text{Ca}_{0.15})_{5.02}(\text{Al}_{2.58}\text{La}_{0.1}\text{Ce}_{0.19}\text{Nd}_{0.05})_{2.92}[(\text{P}_{0.66}\text{S}_{0.27}\text{S}_{0.07})\text{O}_4]_2(\text{OH})_{12.4}$; 5 – $(\text{Fe}_{5.46}\text{Pb}_{2.92}\text{Mg}_{2.17}\text{Sr}_{0.7}\text{Ca}_{0.44})_{11.69}\text{Al}_{8.05}[(\text{P}_{0.77}\text{Si}_{0.09}\text{S}_{0.14})\text{O}_4]_7(\text{OH})_{26.88}$; 6 – $(\text{Fe}_{3.5}\text{Pb}_{0.32}\text{Cu}_{0.10}\text{Zn}_{0.14}\text{Mg}_{0.56}\text{Ca}_{0.16})_{4.78}(\text{Al}_{2.58}\text{La}_{0.09}\text{Ce}_{0.19}\text{Nd}_{0.06})_{2.92}[(\text{P}_{0.66}\text{Si}_{0.27}\text{S}_{0.07})\text{O}_4]_2(\text{OH})_{11.92}$; 7 – $(\text{Fe}_{1.64}\text{Pb}_{0.72}\text{Mg}_{0.43}\text{Ca}_{0.13}\text{Sr}_{0.18})_{3.1}\text{Al}_{1.86}[(\text{P}_{0.66}\text{Si}_{0.18}\text{S}_{0.16})\text{O}_4]_2(\text{OH})_{5.74}$; 8 – $(\text{Pb}_{6.72}\text{Fe}_{6.36})_{13.08}\text{Al}_{13.72}[(\text{P}_{0.73}\text{S}_{0.27}\text{S}_{0.27})\text{O}_4]_7(\text{OH})_{48.77}$; 9 – $(\text{Pb}_{6.53}\text{Fe}_{5.63})_{12.16}\text{Al}_{12.89}[(\text{P}_{0.66}\text{S}_{0.09}\text{S}_{0.25})\text{O}_4]_8(\text{OH})_{40.27}$; 10 – $(\text{Pb}_{5.25}\text{Fe}_{3.29}\text{Ca}_{0.42})_{8.96}\text{Al}_{13.98}[(\text{P}_{0.73}\text{Si}_{0.09}\text{S}_{0.18})\text{O}_4]_7(\text{OH})_{30.52}$; 11 – $(\text{Pb}_{4.32}\text{Fe}_{2.28}\text{Ca}_{0.27})_{6.87}\text{Al}_{9.96}[(\text{P}_{0.68}\text{Si}_{0.13}\text{S}_{0.19})\text{O}_4]_6(\text{OH})_{25.98}$.

Характерной аксессуарной примесью в исследованном образце выступают железотитановые оксиды, представленные рутилом, ильменитом и нестехиометричными твердыми растворами. Последние образуют выделения неправильной формы размером 15–40 мкм, варьируя по составу между рутилом и армоколлитом (рис. 5): $(0.28\text{--}0.7)\text{TiO}_2 - (0.3\text{--}0.72)(\text{Fe}_{0.63\text{--}1}\text{Al}_{0\text{--}0.37})(\text{Ti}_{1.8\text{--}2}\text{V}_{0\text{--}0.2})_2\text{O}_5$.

В состав парагенезиса микро-минералов (рис. 6) входят самородное железо состава $\text{Fe}_{0.86\text{--}0.1}\text{Ni}_{0\text{--}0.02}\text{Cu}_{0\text{--}0.07}\text{Zn}_{0\text{--}0.01}\text{Al}_{0\text{--}0.02}\text{Si}_{0\text{--}0.02}$ и две самородные фазы более сложного состава: серебрино-свинцово-висмутовая $\text{Pb}_{4.61}\text{Ag}_{0.47})_{5.08}\text{Bi}$ и железо-алюмо-фосфор-серо-мышьяковая $(\text{Fe}_{1.68}\text{Al}_{2.52}\text{Ni}_{0.6}\text{Co}_{0.55})_{5.35}(\text{As}_{0.66}\text{P}_{0.21}\text{S}_{0.13})$. Встречаются также апатит состава $(\text{Ca}_{9.42}\text{Fe}_{0.7}\text{Mn}_{0.11})_{10.23}[(\text{P}_{5.67}\text{Si}_{0.17}\text{S}_{0.15})_6\text{O}_{24}](\text{OH})_{2.2}\text{Cl}_{0.19})_{2.39}$, незначительно окисленный пирит и плёт – низкотемпературная α -PbO модификация, обычно встречающаяся в

зонах окисления Ag-Pb месторождений. В виде единичных микрозерен установлен силикат со стехиометрией амфиболов (мас. %): SiO_2 63.46; Al_2O_3 30.35; Fe_2O_3 5.36; CaO 0.41; K_2O 0.42; эмпирическая формула – $(\text{Al}_{4.5}\text{Fe}_{0.5}\text{Ca}_{0.06}\text{K}_{0.06})_{5.12}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_{3.24}$.

Охры, пятнисто окрашивающие поверхность исследованного образца в буроватый цвет, имеют порошковатую текстуру и губчатое микростроение (рис. 7). Они практически рентгеноаморфны – дают очень слабую дифракционную картину с редкими диффузными линиями малой интенсивности, что вообще характерно для такого рода природных пигментов (Яхонтова, Сидоренко, 1974). По составу исследуемые охры весьма сложны и разнообразны (табл. 3). Согласно данным корреляционного анализа, компоненты их химического состава довольно четко подразделяются на две

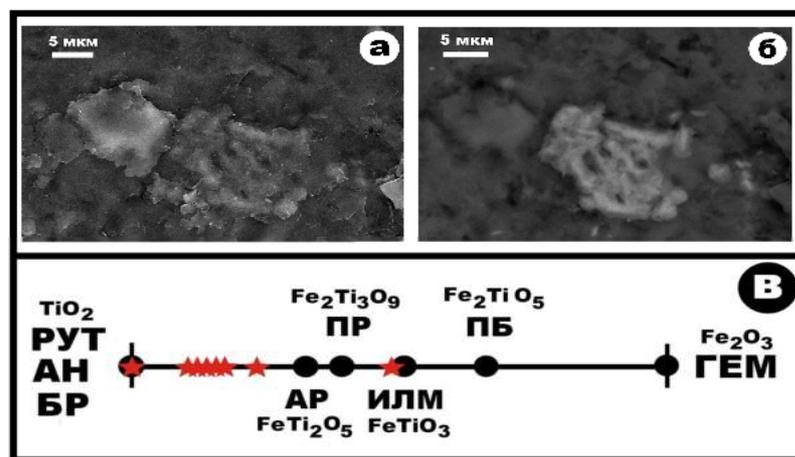


Рис. 5. Микровыделения железотитановых оксидных твердых растворов (а, б) и схема варьирования железотитановых оксидов по составу (в). СЭМ-изображения в режимах вторичных (а) и упруго-отраженных (б) электронов. Обозначения минералов: РУТ, АН, БР – соответственно рутил, анатаз и брукит; АР – армоколлит; ПР – псевдорутил; ИЛМ – ильменит; ПБ – псевдобрукит; ГЕМ – гематит

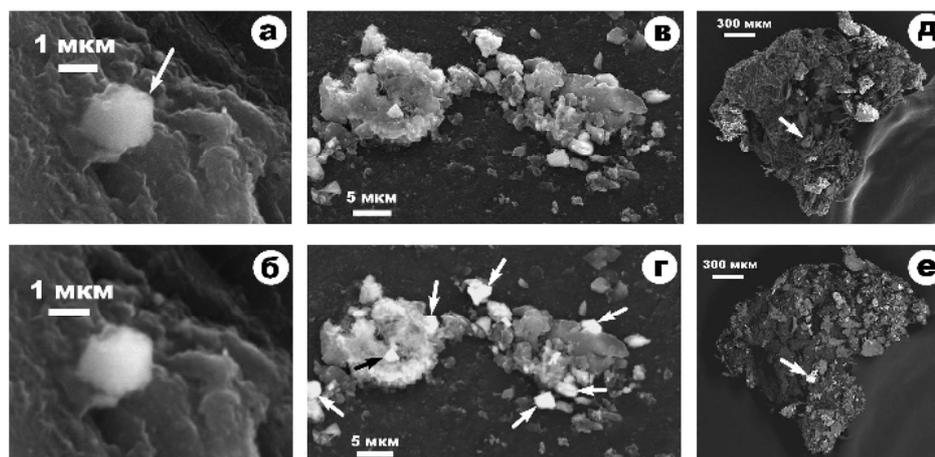


Рис. 6. Выделения микроминералов: а, б – самородное железо; в, г – пирит; д, е – глёт. СЭМ-изображения в режимах вторичных (а, в, д) и упруго-отраженных (б, г, е) электронов

конкурирующие группы: 1) $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO} + \text{K}_2\text{O} + \text{As}_2\text{O}_3$ – вероятно, реликтовый материал горных пород; 2) $\text{CuO} + \text{ZnO} + \text{PbO} + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{SO}_3 + \text{Cl}$ – продукты окисления и гидролитического разложения первичных фосфатов и

сульфидов. Таким образом, получается, что охры, окрашивающие исследованный образец, имеют гипергенное происхождение, образовавшись, вероятно, за счет сульфидно-полиметаллической минерализации.

Таблица 3. Химический состав охры на поверхности исследованного образца, мас. %

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	5.03	2.51	6.76	2.08	7.13	2.96	2.24	12.04
Al_2O_3	21.76	3.12	5.62	8.19	3.86	Не обн.	1.07	10.27
Fe_2O_3	17.24	4.92	11.59	23.17	74.06	3.55	67.56	67.91
CuO	1.39	1.68	Не обн.	5.41	3.31	3.85	1.33	Не обн.
ZnO	Не обн.	Не обн.	«	3.31	5.38	2.81	Не обн.	«
PbO	49.2	30.84	28.6	40.82	3.6	59.34	«	«
MnO	Не обн.	53.85	44.87	Не обн.	Не обн.	2.16	67.56	2.41
MgO	4.49	2.05	Не обн.	«	«	Не обн.	Не обн.	Не обн.
CaO	0.89	1.03	1.71	«	0.63	25.33	14.97	«
K_2O	Не обн.	Не обн.	0.85	«	Не обн.	Не обн.	Не обн.	0.82
P_2O_5	«	«	Не обн.	6.73	«	«	2.8	1.65
As_2O_3	«	«	«	Не обн.	«	«	Не обн.	4.04
SO_3	«	«	«	«	«	«	8.93	Не обн.
Cl	«	«	«	«	«	«	1.2	«
Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	12.04	7.13	2.24	2.08	5.03	2.51	6.76	2.96
Al_2O_3	10.27	3.86	1.07	8.19	21.76	3.12	5.62	Не обн.
Fe_2O_3	67.91	74.06	67.56	23.17	17.24	4.92	11.59	3.55
CuO	Не обн.	3.31	1.33	5.41	1.39	1.68	Не обн.	3.85
ZnO	«	5.38	Не обн.	3.31	Не обн.	Не обн.	«	2.81
PbO	«	3.6	«	40.82	49.2	30.84	28.6	59.34
MnO	2.41	Не обн.	67.56	Не обн.	Не обн.	53.85	44.87	2.16
MgO	Не обн.	«	Не обн.	«	4.49	2.05	Не обн.	Не обн.
CaO	«	0.63	14.97	«	0.89	1.03	1.71	25.33
K_2O	0.82	Не обн.	Не обн.	«	Не обн.	Не обн.	0.85	Не обн.
P_2O_5	1.65	«	2.8	6.73	«	«	Не обн.	«
As_2O_3	4.04	«	Не обн.	Не обн.	«	«	«	«
SO_3	Не обн.	«	8.93	«	«	«	«	«
Cl	«	«	1.2	«	«	«	«	«

Примечание к табл. 3. Результаты анализа приведены к 100 %. Эмпирические формулы охр: 1 – $0.59\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.28\text{SiO}_2 + 0.05\text{MnO} + 0.02\text{CaO} + 0.01\text{K}_2\text{O} + 0.02\text{P}_2\text{O}_5 + 0.03\text{As}_2\text{O}_3$; 2 – $0.59\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.15\text{SiO}_2 + 0.09\text{ZnO} + 0.05\text{CuO} + 0.05\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.02\text{PbO} + 0.01\text{CaO} + 0.04\text{SO}_3$; 3 – $0.45\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.29\text{CaO} + 0.04\text{SiO}_2 + 0.02\text{CuO} + 0.01\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.13\text{SO}_3 + 0.02\text{P}_2\text{O}_5 + 0.04\text{Cl}$; 4 – $0.25\text{PbO} + 0.2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.11\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.09\text{CuO} + 0.06\text{ZnO} + 0.05\text{SiO}_2 + 0.14\text{SO}_3 + 0.1\text{P}_2\text{O}_5$; 5 – $0.29\text{PbO} + 0.28\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.14\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.14\text{MgO} + 0.11\text{SiO}_2 + 0.02\text{CuO} + 0.02\text{CaO}$; 6 – $0.69\text{MnO} + 0.13\text{PbO} + 0.05\text{MgO} + 0.04\text{SiO}_2 + 0.03\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.03\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.02\text{CuO} + 0.01\text{CaO}$; 7 – $0.61\text{MnO} + 0.12\text{PbO} + 0.11\text{SiO}_2 + 0.07\text{Fe}_2\text{O}_3 + 0.05\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.03\text{CaO} + 0.01\text{K}_2\text{O}$; 8 – $0.52\text{CaO} + 0.29\text{PbO} + 0.05\text{CuO} + 0.05\text{SiO}_2 + 0.04\text{ZnO} + 0.03\text{MnO} + 0.02\text{Fe}_2\text{O}_3$.

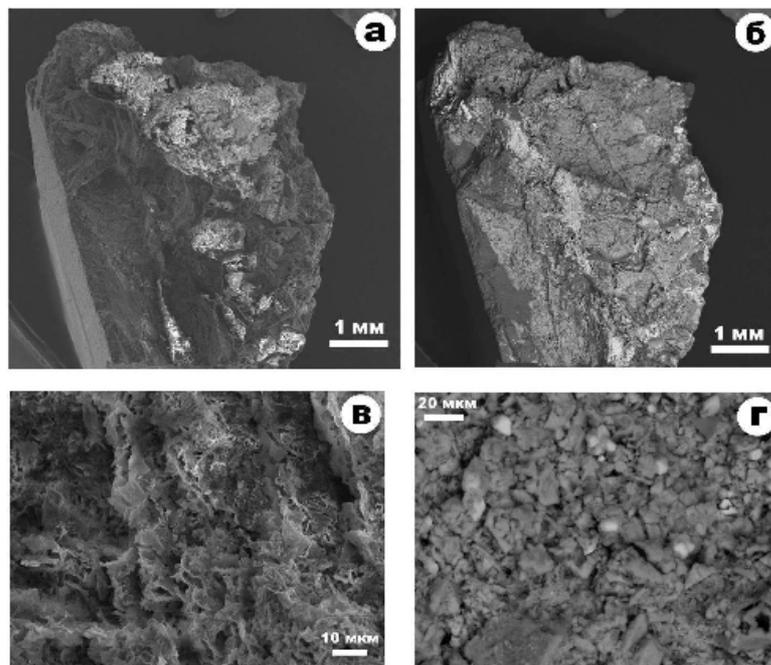


Рис. 7. Форма выделений (а, б) и внутренне строение (в, г) поликомпонентных охр. СЭМ-изображения в режимах вторичных (а, в) и упруго-отраженных (б, г) электронов

Самородное золото и сульфидо-золото-серебряные твердые растворы

Рентгенофазовая диагностика самородного золота осуществлена по серии наиболее сильных отражений (Å , в скобках индексы Миллера): 2.341 (111) – 2.029 (200) – 1.44 (220) – 1.226 (311) – 1.174 (222). Параметр э. я. $a_0 = 4.063 \pm 0.005 \text{ Å}$. Несколько пониженные относительно чистого золота значения межплоскостных расстояний и параметра э. я. объясняются примесью в исследованном минерале серебра. Образующие оруденение золотины имеют неправильную форму, по размеру колеблются в пределах $(2 \pm 0.7) \times (1.5 \pm 0.5) \times (1 \pm 0.3) \text{ мм}$ (рис. 8, а, б). В качестве примесей в нем установлены серебро и ртуть (до 0.7 мас. %). По пробе золотины колеблются от средне- до высокопробного (табл. 4), составляя в среднем $847 \pm 46 \text{ ‰}$. Полученные данные соответствуют

относительно высокопробному золоту в орогенных малосульфидных золоторудных месторождениях (рис. 9), немного превышают данные по типичным эпитегрмальным золоторудным месторождениям (Андреева, Кудяева, 2012) и лишь немного уступают среднестатистическим данным для золотых самородков (Самусиков, 2007). В микропарагенезисе с самородным золотом выявлены сульфидо-золото-серебряные твердые растворы состава $(\text{Ag}_{2-x}\text{Au}_x)\text{S}$, которые обычно образуются в эндогенных системах, обогащенных серебром, но недосыщенных серой (Анисимова и др., 2008; Спиридонов, 2010; Пальянова и др., 2011). Состав таких фаз колеблется в пределах ряда $\text{Ag}_3\text{AuS}_2 - \text{AgAuS}$. Содержание золота в этих границах изменяется от 20 до 70 мас. %. В нашем случае сульфидо-золото-серебряные твердые растворы представлены удлиненными частицами размером $(9 \pm 4) \times (2 \pm 1) \text{ мкм}$ с коэффициентом удлинения $4.9 \pm$

2 (рис. 10, а, б). Они характеризуются соответствующим энергодисперсионным спектром (рис. 10, в), по составу колеблются незначительно (мас. %): Ag 52.35–52.53, Au 33.37–36.46, S 11.1–11.19. Эмпирическая формула этих фаз – $Ag_{1.39-1.4}Au_{0.51-0.53}S$, что близко к стехиометрии именно предельно обогащенного серебром члена, обозначенного выше ряда.

Микроэлементы

В составе исследованного образца золотоносной кварцевой жилы обнаружено около 60 микроэлементов (г/т): Au 3.586; Li

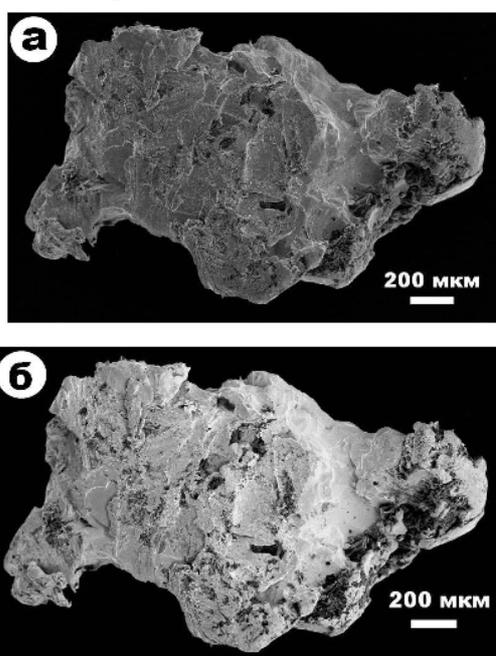


Рис. 8. Морфология частиц самородного золота. СЭМ-изображения в режимах вторичных (а) и упруго-отраженных (б) электронов

Таблица 4. Химический состав самородного золота, мас. %

№ п/п	Au	Ag	Проба, ‰	Эмпирическая формула
1	86.8	13.2	868	$Au_{0.79}Ag_{0.21}$
2	89.85	10.15	898	$Au_{0.8}Ag_{0.2}$
3	88.89	11.11	889	$Au_{0.81}Ag_{0.19}$
4	88.42	11.58	884	$Au_{0.81}Ag_{0.19}$
5	88.93	11.07	889	$Au_{0.81}Ag_{0.19}$
6	88.58	11.42	886	$Au_{0.81}Ag_{0.19}$
7	86.12	13.88	861	$Au_{0.77}Ag_{0.23}$
8	74.2	25.8	742	$Au_{0.61}Ag_{0.39}$
9	86.27	13.72	863	$Au_{0.78}Ag_{0.22}$
10	89.09	10.91	891	$Au_{0.82}Ag_{1.08}$

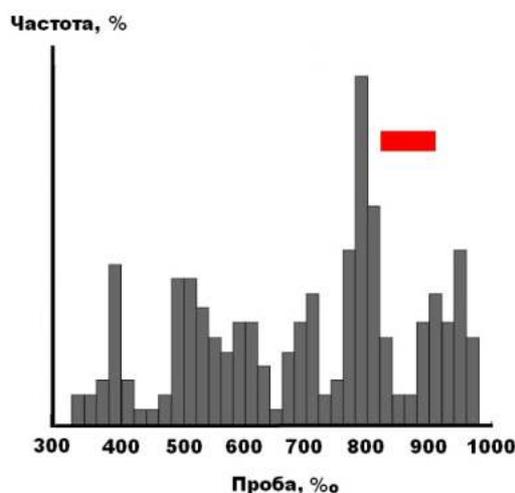


Рис. 9. Распределение самородных золотинок по пробе в орогенных золоторудных месторождениях (Конеев и др., 2019). Красным цветом показан статистический (среднее \pm СКО) диапазон вариации пробы золотинок в исследованном образце

11.025; Be 0.205; B 0.514; Na 287.425; Mg 77.444; Al 1225.847; P 229.409; K 225.6; Ti 0.009; Ca 469.717; Sc 0.806; Ti 30.008; V 1.361; Cr 0.759; Fe 1543.78; Mn 437.71; Co 5.075; Ni 10.16; Cu 99.345; Zn 142.31; Pb 2098.707; Ga 0.401; Ge 1.558; Sb 20.98.707; As 222.692; Se 2.898; Bi 26.381; Rb 1.236; Sr 9.994; Y 10.073; Zr 4.989; Nb 0.069; Mo 0.467; Ag 8.669; Cd 0.377; Sn 0.148; Sb 1.19; Te 0.035; Cs 0.124; Ba 36.704; La 3.045; Ce 6.788; Pr 0.769; Nd 3.589; Sm 0.845; Eu 0.235; Gd 0.969; Tb 0.14; Dy 0.938; Ho 0.207; Er 0.63; Tm 0.095; Yb 0.627; Lu 0.105; Hf 0.077; W 0.058; Th 0.27; U 0.253. Сумма содержаний – 7244.853 г/т. По содержанию лантаноидов изученный образец в 4–10 раз преобладает над хондритами, демонстрируя полого падающий тренд хондритнормированных концентраций в направлении от La к Lu (перепад концентраций примерно в 3 раза). Этот тренд является промежуточным между генеральной картиной, полученной для осадочной оболочки и земной коры – спад в направлении от La к Lu в 4–7 раз, и трендом относительных концентраций лантаноидов в океанических базальтах – соответствующий спад всего в 2 раза (Ронов и др., 1972).

Принципиально другой тип тренда демонстрируют содержания лантаноидов, нормированные на состав земной коры. В этом случае образец сильно уступает по об-

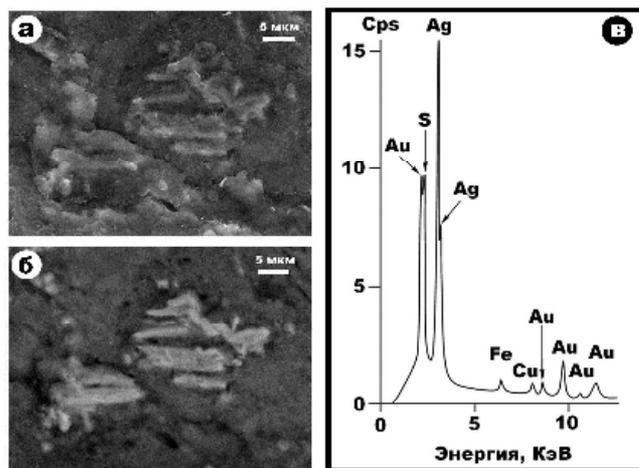


Рис. 10. Форма микровыделений (а, б) и типичный энергодисперсионный спектр (в) сульфидо-золото-серебряных твердых растворов. СЭМ-изображения в режимах вторичных (а) и упруго-отраженных (б) электронов

щей концентрации, но при этом показывает тенденцию к росту нормированных концентраций лантаноидов в направлении от Ду к Lu, что можно объяснить примесью в золотоносной жиле глубинного вещества. В этом отношении особенно показательным выглядит иттербиевый максимум, который является прямым индикатором такой глубинности (Силаев и др., 2016).

В собственно самородном золоте, извлеченном из кварцевой жилы, зарегистрировано всего 18 микроэлементов (г/т): Li 0.19; V 2.619; Mn 12.966; Co 0.744; Cu 45.422; As 60.757; Se 22.766; Zr 0.059; Nb 0.073; Cd 0.864; Sn 0.018; Pb 4487.179; Sb 1.905; Te 0.342; Ta 0.059; W 0.017; Hg 710.076; Bi 73.783. При этом сумма содержаний микроэлементов оказалась почти соизмеримой – 5419.581 г/т.

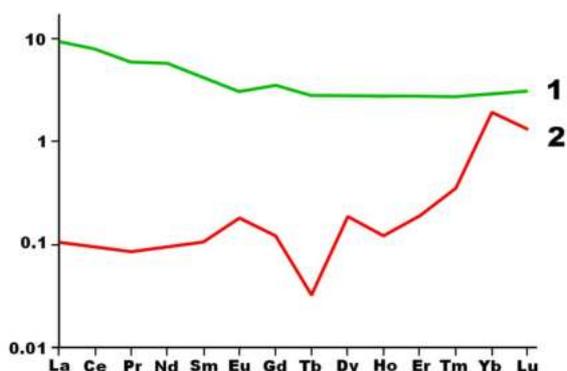


Рис. 11. Тренды содержаний лантаноидов в кварцевой золотоносной жиле, нормированных на содержания лантаноидов в хондритах (1) и земной коре (2)

Анализ распределения микроэлементов по центробежно-центростремительным свойствам (Щербаков, 1975, 1982; Силаев, 1987) приводит к следующим выводам. В золотоносной жиле преобладают центробежные (коровые) элементы – 54.29% при относительно высокой доле центростремительных и минимально-центробежных элементов (глубинных) – соответственно 23.97 и 18.1%. Содержание дефицитно-центробежных (промежуточных) элементов минимальное – 3.64%. Обращает на себя внимание высокое содержание в жилах Pb (около 2100 г/т), Fe (более 1500 г/т), Al (более 1200 г/т), Ca (около 500 г/т), Zn (более 140 г/т), Cu (около 100 г/т), Mg (более 70 г/т). Очевидно, что эти геохимические аномалии обусловлены присутствием в кварцевой жиле выше охарактеризованных алюмо-сульфато-фосфатов. Непосредственно в самородном золоте резко преобладают центробежные микроэлементы – 82.84%, им значительно уступают дефицитно-центробежные – 16.02%, а минимально-центробежные и центростремительные элементы присутствуют в незначительных концентрациях – соответственно 0.29 и 0.85%. Наиболее высокими концентрациями характеризуются Hg (более 700 г/т), As (более 60 г/т), Cu (около 50 г/т), Se (около 25 г/т), Pb (около 4500 г/т). Очевидно, что выявленное аномально высокое содержание свинца обусловлено выше отмеченными микровыделениями на

поверхности золота свинцовосодержащих алюмо-сульфато-фосфатов.

Таким образом, выявляется весьма нетривиальный факт существенно более геохимически дифференцированной ассоциации микроэлементов в самородном золоте по сравнению с вмещающей его кварцевой жилой, хотя можно было бы ожидать обратного соотношения. Этот необычный факт можно объяснить двумя причинами. Во-первых, обогащением эндогенного самородного золота, имеющего, как правило, глубинное происхождение, центробежными элементами в ходе перегруппировок в условиях формирования активной континентальной окраины. А во-вторых, обогащением золотоносных жил центростремительными и минимально-центробежными микроэлементами за счет глубинных эманаций.

Углеродное вещество

На поверхности и в нерастворимом остатке исследованного образца обнаружено углеродное вещество в виде каплевидных микроформ размером $(305 \pm 120) \times (195 \pm 80)$ мкм (рис. 12). Частицы в спирте нерастворимы, при нагревании плавятся. При надавливании распадаются на пластинки размером 100–200 мкм. В структурном отношении углеродное вещество рентгеноаморфно, содержит незначительную примесь К, Р и Сl. Изотопный состав углерода ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$) в нем колеблется в пределах от -26 до -23 ‰. В двух проанализированных частицах был выявлен азот с изотопным составом ($\delta^{15}\text{N}_{\text{Air}}$) $2-2.5$ ‰.

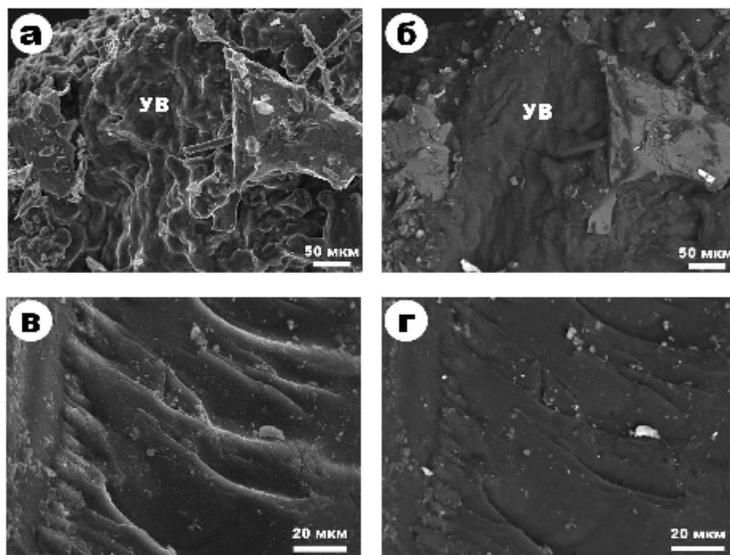


Рис. 12. Частица углеродного вещества (УВ) в образце кварцевой жилы (а, б) и типичная для некристаллических углеродных частиц микроскульптура (в, д, белые микрочастицы – минеральные включения). СЭМ-изображения в режимах вторичных (а, в) и упруго-отраженных (б, д) электронов

В спектре комбинационного рассеяния (рис. 13) зарегистрированы две уширенные и близкие по интенсивности линии D и G с максимумами соответственно при 1309 (A_{1g} -мода колебаний атомов углерода) и 1598 (E_{2g} -мода) см^{-1} – типичные именно для некристаллических углеродных веществ (Силаев и др., 2013). Судя по степени уширения линий (130–140 см^{-1}), размер рассеивающих частиц в выявленном

углеродном веществе лежит в пределах 15–30 Å.

В ИК-спектрах частиц УВ выявляются до 8 сильно уширенных полос, обусловленных колебаниями химических связей в разных органических группах (рис. 14). Интерпретация спектров осуществлена О.В. Мартиросян: I – внеплоскостные колебания химических связей C=C; II – колебания связей C–C и C–O–C; III –

колебания связей C–O–C; IV – колебания связей C=O (амид I); V – колебания карбонильных групп CO–OH; VI – колебания связей C=C=C, NH=C=O или тройных связей C≡C; VII – колебания связей CH₂ и CH₃; VIII – колебания OH-групп.

Полученные данные подтверждают органическую природу выявленного в золотоносной кварцевой жиле углеродного вещества и позволяют увидеть его аналогию с полисахаридами. Кроме того, не исключено, что выявленные в исследованном образце углеродные частицы имеют абиогенную природу и могут быть сопоставлены с абиогенными

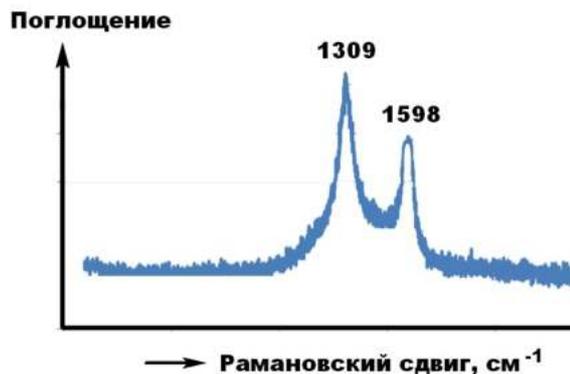


Рис. 13. Спектр комбинационного рассеяния, полученный от типичной частицы углеродного вещества в золотоносной кварцевой жиле

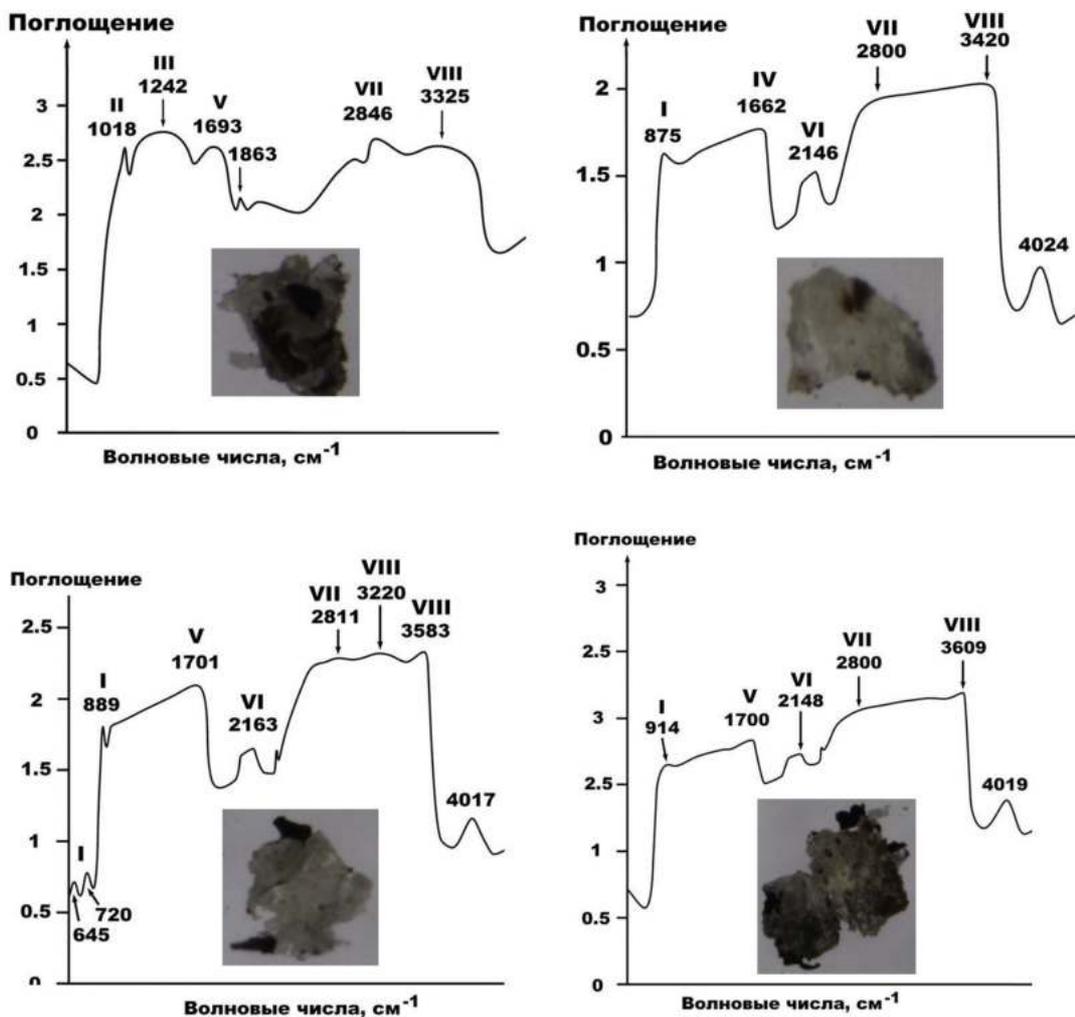


Рис. 14. Спектры ИК-поглощения в частицах углеродного вещества, обнаруженного в образце золотокварцевой жилы.

конденсированными органоидами в продуктах современного вулканизма (Силаев и др., 2018). Следует также отметить, что органическое вещество в ассоциации с самородным золотом выявлено не впервые. Недавно органические пленки были описаны

непосредственно на золотилах в рудах Тырнаузского редкометалльного месторождения, но проинтерпретированы как вещество бактериального происхождения (Столяров и др., 2016).

Литогенные газы

Состав литогенных газов в исследованном образце золотоносной жилы определялся С.Н. Шаниной пирохроматографическим методом. Согласно полученным данным (табл. 5.), жила существенно обогащена литогенной газовой фазой, причем содержание газов в прочно капсулированных (вскрывающихся при более высоких температурах) в 15 раз превышает содержание низкотемпературных газов. Пропорции между основными неорганическими газами – CO, CO₂ и H₂O соответствуют составу газов в продуктах корово-мантийных взаимодействий (Петровский и др., 2008). Органические газы, являющиеся, вероятно, результатом термического разложения, присутствующего в образце углеродного вещества, охватывают диапазон от метана до бутана, превышая в сумме 0.5% общего баланса газов. Резкое (в 2.8 раз) преобладание изобутана над нормобутаном может свидетельствовать об абиогенном происхождении соответствующего углеродного вещества.

Таблица 5. Состав литогенных газов в образце золотоносной жилы, мкг/г

Газы	Интервалы нагревания, °С		
	20–400	400–950	20–950
H ₂	0	17.4	17.4
N ₂	0.7	26.8	27.5
CO	0	57.2	57.2
CO ₂	24.9	632.4	657.3
H ₂ O	319.1	4556	4875.1
Сумма неорганических газов	344.7	5289.8	5634.5
CH ₄	0.019	13.424	13.443
C ₂ H ₄	0	4.174	4.174
C ₂ H ₆	0	3.727	3.727
C ₃ H ₆	0	2.468	2.468
C ₃ H ₈	0	2.913	2.913
C ₄ H ₈	0	1.196	1.196
iC ₄ H ₁₀	0	1.029	1.029
nC ₄ H ₁₀	0	0.426	0.426
Сумма органических газов	0.019	29.357	29.376
Итого	344.719	5319.157	5663.876

Заключение

Комплексно исследован образец золотоносной кварцевой жилы с Верхне-Ичувеевского рудопоявления, выявленного в триасовом терригенном комплексе на севере Чукотского нагорья – «Территории» Олега Куваева. Нормативно-минеральный состав жилы (мол. %): кварц – 93.39; альбит – 2.12; алюмоселадонит – 2.5; железо-титановые оксиды – 0.19; апатит и алюмо-сульфато-фосфаты – 0.72; охры – 1.08. Содержание золота в жиле достигает 3–4 г/т. Алюмо-сульфато-фосфаты широко варьируют по составу, подразделяясь на железистые, свинцово-железистые, железисто-свинцовые, магнизио-свинцово-железистые, магнизио-железисто-свинцовые с ланта-ноидами, свинцово-магнезио-железистые, кальцио-железисто-свинцовые. Железо-титановые оксиды представлены рутилом, ильменитом и нестехиометричными твердыми растворами в диапазоне между рутилом и армоколлитом. В состав парагенезиса микроминералов входят никельсодержащее самородное железо, самородные фазы Ag-Pb-Bi и Fe-Al-P-S-As состава, апатит, пирит, глёт (α-PbO) и силикат со стехиометрией амфиболов. Поверхность исследованного образца пятнисто покрыта буроватыми рентгено-аморфными охрами поликомпонентного состава – Fe₂O₃ + SiO₂ + PbO + Al₂O₃ + MnO + CaO + CuO + ZnO.

Самородное золото колеблется от средне-до высокопробного – 847 ± 46 ‰, что вполне соответствует золоту в орогенных малосульфидных золоторудных месторождениях. В микропарагенезисе с самородным золотом выявлены сульфидо-золото-серебряные твердые растворы состава Ag_{1.39–1.4}Au_{0.51–0.53}S₂, которые обычно образуются в эндогенных системах, обогащенных серебром, но насыщенными серой.

В составе исследованного образца обнаружено около 60 микроэлементов (г/т), в том числе центростремительные (23.97%), минимально-центробежные (18.1%), дефицитно-центробежные (3.64%) и центробежные (54.29%). Выявленный характер геохимической дифференциации соответствует образованию золотопроявления в геодинамических условиях активной континентальной окраи-

ны с перемешиванием глубинного и земнокорового вещества.

Образец золотоносной жилы существенно обогащен литогенной газовой фазой, причем содержание газов в прочно капсулированных (выделяющихся при более высоких температурах) в 15 раз превышает содержание низкотемпературных газов. Пропорции между основными неорганическими газами – CO, CO₂ и H₂O – соответствуют составу газов в продуктах корово-мантийных взаимодействий.

На поверхности и в нерастворимом остатке исследованного образца обнаружено рентгеноаморфное углеродное вещество с изотопным составом углерода ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$) от –26 до –23 ‰ и азота ($\delta^{15}\text{N}_{\text{Air}}$) от 2 до 2.5 ‰. Полученный рамановский спектр типичен для некристаллических углеродных веществ, в которых размер рассеивающих частиц лежит в пределах 15–30 Å. В ИК-спектрах углеродных частиц выявлены восемь сильно уширенных полос, обусловленных колебаниями химических связей в разных органических группах, характерных, прежде всего, для полисахаридов. Судя по составу органических газов в пиролизате, выявленные в исследованном образце золото кварцевой жилы углеродные частицы могут иметь абиогенную природу аналогично конденсированным

ми органо-идами в продуктах современного вулканизма.

В целом полученные данные позволяют отнести Верхне-Ичуевское золоторудное проявление к малосульфидной золото кварцевой формации, но с дополнительными признаками золото-серебряной и полиметаллических формаций, что можно расценивать как благоприятную предпосылку для организации на «Территории» Олега Куваева поисков и разведок не только золото-россыпных, но и коренных месторождений в условиях внедрения современных технологий извлечения золота из бедных и упорных руд.

Анализ содержания микроэлементов методом ИСП-МС проведен в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН в рамках темы № АААА-А18-118053090045-8 государственного задания ИГГ УрО РАН. Дооснащение и комплексное развитие ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН осуществляется при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021-680.

Авторы выражают благодарность И.В. Смолевой, С.Н. Шаниной и Б.А. Макееву за сотрудничество в исследованиях, а О.В. Мартиросян – за помощь в интерпретации результатов ИК-спектроскопии углеродного вещества.

Библиографический список

Абрамович И.И., Вознесенский С.Д., Маннафов Н.Г. Геодинамика и золотоносность Колымы (Россия) // Геология рудных месторождений. 1999. Т. 41. № 1. С. 43–53.

Агибалов О.Л. Россыпная золотоносность арктических приморских равнин Чукотки: металлогенические и структурно-геоморфологические предпосылки формирования россыпей, проблемы прогнозирования и поисков // Отечественная геология. 2019. № 6. С. 17–27.

Андреева Е.Д., Кудаева Ш.С. Типоморфизм самородного золота Балхачского рудного узла (Камчатка) // Исследования в области наук о Земле: Материалы XI Региональной молодежной научной конференции. Петропавловск-Камчатский. 2012. С. 5–18.

Анисимова Г.С., Кондратьева Л.А., Лескова Н.В. Сульфидные соединения золота и серебра в золоторудных месторождениях Восточной

Якутии // Отечественная геология. 2008. № 5. С. 24–32.

Березнер О.С., Скрипко К.А. Охотско-Чукотский вулканогенный пояс – типичный представитель поясов активных континентальных окраин Андийского типа – новая коллекция в экспозиции музея землеведения МГУ // Жизнь Земли. 2016. Т. 38 (2). С. 183–191.

Волков А.В., Галямов А.Л., Сидоров А.А. Проблемы освоения минеральных ресурсов Арктики (на примере Чукотки и Аляски) // Арктика: экология и экономика. 2018. № 4 (32). С. 4–12.

Конеев Р.И., Халматов Р.А., Кривошеева А.Н. Формы нахождения и микро-наноансамбли золота – индикаторы условий образования, размещения и типизации орогенных месторождений Узбекистана (Южный Тянь-Шань) // Записки РМО. 2019. Т. 148. № 4. С. 30–45.

Конеев Р.И., Чеботарев Г.М., Байбеков Э.Ф. Золотосеребряный сульфид из зоны окисления рудопоявления Караулхана (Западный Узбеки-

стан) // Записки Узбекистанского отделения ВМО, 1986. Вып. 39. С. 5–8.

Котляр И.Н., Русакова Т.Б. Меловой магматизм и рудоносность Охотско-Чукотской области: геолого-геохронологическая корреляция. Магадан: Изд-во ВВКНИИ ДВ РАН. 2004. 152 с.

Лаломов А.В., Бочнева А.А., Чефранов Р.М. Россыпные месторождения Арктической зоны России: современное состояние и пути развития минерально-сырьевой базы // Арктика: экология и экономика. 2015. № 2 (18). С. 66–72.

Пальянова Г.А., Кох К.А., Серёткин Ю.В. Образование сульфидов золота и серебра в системе Au-Ag-S // Геология и геофизика. 2011. № 4. С. 568–576.

Петровский В.А., Силаев В.И., Сухарев А.Е., Шанина С.Н., Мартинс М., Карфункель Й. Флюидные фазы в карбонате и их генетическая информативность // Геохимия. 2008. № 7. С. 748–765.

Ронов А.Б., Балашов Ю.А., Гирин Ю.П., Братишко Р.Х., Казаков Г.А. Закономерности распределения редкоземельных элементов в осадочной оболочке и в Земной коре // Геохимия, 1972. № 12. С. 1483–1513.

Самусиков В.П. Самородки. Золотая загадка природы // Гипотезы и факты. 2007. № 1. С. 59–64.

Силаев В.И. Зональность рудных месторождений и полей как отражение геохимической дифференциации. Серия препринтов «Научные доклады». Вып. 173. Сыктывкар. 1987. 23 с.

Силаев В.И., Лютоев В.П., Петровский В.А., Хазов А.Ф. Опыт исследований природных углеродных веществ и некоторых их синтетических аналогов методом рамановской спектроскопии //

Минералогический журнал. 2013. Т. 5. № 3. С. 33–47.

Силаев В.И., Проскурнин В.Ф., Гавриш А.В., Салтанов В.А., Васильев Е.А., Ремизов Д.Н. Карбонатитовый комплекс необычных горных пород и минерализаций в Восточном Таймыре // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Труды Научных чтений памяти П.Н. Чирвинского. 2016. Вып. 19. С. 119–136.

Соколов С.Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса. М.: Наука. 1992. 182 с.

Спиридонов Э.М. Минералы ряда золото-серебро магматогенных норильских сульфидных руд // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований. Т. 2. М.: Изд-во ИГЕМ РАН. 2010. С. 229–232.

Столяров В.В., Парада С.Г., Попов Ю.В., Назаренко А.В. Типоморфизм самородного золота из скарнов Тырныаузского рудного узла (Кабардино-Балкарская республика) // Наука Юга России (Вестник ЮНК). 2016. Т. 12. № 1. С. 32–42.

Щербаков Ю.Г. Геохимическая эволюция Земли и эндогенное рудообразование // Золото и редкие элементы в геохимических процессах. Новосибирск: Наука. 1975. С. 14–33.

Щербаков Ю.Г. Периодическая система и космогеохимическое распределение элементов // Геология и геофизика. 1982. № 1. С. 77–84.

Яхонтова Л.К., Сидоренко Г.А. Минеральный состав охр из зоны окисления арсенидных месторождений // Труды Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана. 1974. Вып. 23. С. 184–189.

The Lode Gold Occurrence in the «Territory» of Oleg Kuvayev (North of the Chukotka Upland)

V.I. Silaev^a, A.V. Kokin^b, V.N. Filippov^a, A.F. Khazov^a, D.V. Kiseleva^c, N.V. Cherednichenko^c, E.A. Vasiliev^d

^a Institute of Geology, Federal Research Center, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 54 Pervomayskaya Str., Syktывkar 54167982. E-mail: Silaev@geo.komisc.ru

^b South-Russian Institute of Management, a branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, 70/54 Pushkinskaya Str., Rostov-on-Don 344002.

^c Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 15 Vonsovsky Str., Yekaterinburg 620016.

^d National Mineral Resources University “Mining”, 21, 2 V.O., Line, St. Petersburg 199106.

A sample of a gold-bearing quartz vein from the Upper-Ichuveem ore occurrence, discovered in the Triassic terrigenous complex in the north of the Chukotka Upland, the Oleg Kuvaev's "Territory", had been comprehensively studied. The gross gold grade was estimated at 3–4 g / t. The vein includes quartz, native gold, sulfide-gold-silver solid solutions, alumoseladonite, aluminium-sulfate-phosphates Fe-Pb-Mg-Ca compound, apatite, pyrite, iron-titanium oxides, litharge, native phases composed of Fe (Ni), Ag-Pb-Bi, Fe-Al-PS-As, multicomponent ocher of hypergene origin. Native gold ranges from medium to fine. The vein contains particles of non-crystalline organic matter, which is close in composition of organic groups to polysaccharides. It is possible that the carbon particles found in the gold-quartz vein are of an abiogenic nature and can be compared with abiogenic condensed organelles in the products of modern volcanism. The data obtained make it possible to attribute the Upper-Ichuveem gold ore occurrence to a low-sulfide gold-quartz formation, but with additional signs of gold-silver and polymetallic formations, which can be regarded as a favorable prerequisite for prospecting and exploration in Oleg Kuvaev's «Territory» not only of gold-placer deposits, but also of lode gold deposits.

Key words: north of the Chukotka Upland; indigenous gold occurrence; native gold; solid solutions of gold and silver sulfides, accessory minerals of endogenous and secondary origin; abiogenic carbon matter.

References

- Abramovich I.I., Voznesensky S.D., Manafarov N.G.* 1999. Geodinamika i zolotonosnost Kolimi (Rossiya) [Geodynamics and gold potential of Kolyma (Russia)]. *Geologiya i rudnye mestorozhdeniya*. 41:43–53. (in Russian)
- Agibalov O.L.* 2019. Rossipnaya zolotonosnost arkticheskikh primorskikh ravnin Chukotki: metallogenicheskie i strukturno-geomorfologicheskie predposylki formirovaniya rossipey, problemy prognosirovaniya i poiskov [Placer gold potential of the Arctic coastal plains of Chukotka: metallogenic and structural-geomorphological prerequisites for the formation of placers, problems of forecasting and prospecting]. *Otechestvennaya geologiya*. 6:17–27. (in Russian)
- Andreeva E.D., Kudaeva Sh.S.* 2012. Tipomorfizm samorodnogo zolota Balkhachskogo rudnogo uzla (Kamchatka) [Typomorphism of native gold of the Balkhach ore cluster (Kamchatka)]. *In: Issledovaniya v oblasti nauk o Zemle. Peropavlovsk-Kamchatsky*, pp. 5–18. (in Russian)
- Anisimova G.S., Kondratieva L.A., Leskova N.V.* 2008. Sulfidnye soedineniya zolota i srebra v zolotorudnykh mestorozhdeniyakh Vostochnoy Yakutii [Sulfide compounds of gold and silver in gold deposits of Eastern Yakutia]. *Otechestvennaya geologiya*. 5:24–32. (in Russian)
- Berezner O.S., Skripko K.A.* 2016. Okhotsko-Chukotskiy vulkanogennyy poiyas – tipichnyy predstavitel poiyasov aktivnykh kontinentalnykh okrain Andiyanskogo tipa – novaya kolleksiya v ekspositsii muzeya zemlevedeniya MGU [The Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt is a typical representative of the belts of active continental margins of the Andean type – a new collection in the exposition of the Museum of Geosciences of Moscow State University]. *Zhizn Zemli*. 38 (2):183–191. (in Russian)
- Volkov A.V., Galyamov A.L., Sidorov A.A.* 2018. Problemy osvoeniya mineralnykh resursov Arktiki (na primere Chukotki i Alyaski) [Problems of the development of mineral resources in the Arctic (on the example of Chukotka and Alaska)]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 4 (32):4–12. (in Russian)
- Koneev R.I., Halmatov R.A., Krivosheev A.N.* 2019. Formy nakhozhdeniya i mikro-nanoansambli zolota – indicatory usloviy obrasovaniya, razmeshcheniya i tipizatsii orogennykh mestorozhdeniy Uzbekistana (Yuzhnyy Tyan-Shan) [Forms of occurrence and micro-nano-assemblies of gold – indicators of the formation conditions, occurrences, and typification of orogenic deposits in Uzbekistan (South Tien Shan)]. *Zapiski RMO*. 148(4):30–45. (in Russian)
- Koneev R.I., Chebatayev G.M., Baybekov E.F.* 1986. Zoloto-serebryanny sulfid iz zony okisleniya rudoproyavleniya Karaulkhana (Sapadnyy Uzbekistan) [Gold-silver sulfide from the oxidation zone of the Karaulkhana ore occurrence (Western Uzbekistan)]. *Zapiski Uzbekistanskogo otdeleniya VMO*. 39:5–8. (in Russian)
- Kotlyar I.Y., Rusakova T.B.* 2004. Melovoy magmatizm i rudonosnost Okhotsko-Chukotskoy oblasti: geologo-geokhronologicheskaya korrelyatsiya [Cretaceous magmatism and ore potential of the Okhotsk-Chukotka region: geological and geochronological correlation]. *Magadan, VVKNI DV RAN*. p. 152. (in Russian)
- Lalomov A.V., Bochnerova A.A., Cefranov P.M.* 2015. Rossypnye mestorozhdeniya Arkticheskoy zony Rossii: sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya mineralno-syrevoy bazy [Placer deposits of the Arctic zone of Russia: current state and ways of development of the mineral resource base]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. 2(18):66–72. (in Russian)
- Paliyanova G.A., Kokh K.A., Seretkin Yu.V.* 2011. Obrasovanie sulfidov zolota i srebra v sisteme Au-Ag-S [Formation of gold and silver sulfides in the Au-Ag-S system]. *Geologiya i geofizika*. 4:568–576. (in Russian)
- Petrovskiy V.A., Silaev V.I., Sukharev A.E., Shanina S.N., Martins M., Karfunkel Y.* 2008. Fluidnye

fazy v karbonado i ikh geneticheskaya informativnost [Fluid phases in carbonado and their genetic informativeness]. *Geokhimiya*. 7:748–765. (in Russian)

Ronov A.B., Balashov Yu.A., Girin Yu.P., Bratishko R.H., Kazakov G.A. Zakonomernosti raspredeleniya redkozemelnykh elementov v osadochnoy obolochke i Zemnoy kore [Regularities of the distribution of rare earth elements in the sedimentary cover and in the Earth's crust]. *Geokhimiya*. 12:1483–1513. (in Russian)

Samusikov V.P. 2007. Samorodki. Zolotaya zagadka prirody [Nuggets. The golden mystery of nature]. *Gipotezi i fakti*. 1:59–64. (in Russian)

Silaev V.I. 1987. Zonalnost rudnykh mestorogdeniy i poley kak otrazhenie geokhimicheskoy differentsiatsii [Zoning of ore deposits and fields as a reflection of geochemical differentiation]. *Seriya preprintov. Nauchnie dokladi*. V. 173. Syktyvkar. p. 23. (in Russian)

Silaev V.I., Lutoev V.P., Petrovskiy V.A., Khazov A.F. 2013. Opyt issledovaniy prirodnykh uglerodnykh veshchestv i nekotorykh ikh sinteticheskikh analogov metodom ramanovskoy spektroskopii [Experience in studies of natural carbon substances and some of their synthetic analogs by Raman spectroscopy]. *Mineralogicheskii zhurnal*. 5(3):33–47. (in Russian)

Silaev V.I., Proskurnin V.F., Gavrish A.V., Saltanov V.A., Vasiliev E.A., Remizov D.N. 2016. Karbonatitovyy kompleks neobychnykh gornykh porod i mineralizatsyy v Vostochnom Taymyre [Carbonatite complex of unusual rocks and mineralization in Eastern Taimyr]. *In: Problemi mineralogii, petrografii i metallogenii: Trudi Nauchnih chteny pamyati P. N. Chirvinskogo*. 19:119–139. (in Russian)

Sokolov S.D. 1992. Akkretionnaya tektonika Koryaksko-Chukotskogo segmenta Tikhookeanskogo poyasa [Accretionary tectonics of the Koryak-Chukotka segment of the Pacific belt]. Moskva. Nauka. p. 182. (in Russian)

Spiridonov E.M. 2010. Mineraly ryada zoloto-serebro magmatogennykh norilskikh sulfidnykh rud [Minerals of the gold-silver series of Norilsk magmatogenic sulfide ores]. *In: Samorodnoe zoloto: tipomorfizm mineralnykh assotsiatsiy, usloviya obrazovaniya mestorozhdeniy, zadachi prikladnykh issledovaniy*. T. 2., IGEM RAN, pp. 229–232. (in Russian)

Stolyarov V.V., Parada S.G., Popov Yu.V., Nazarenko A.V. 2016. Tipomorfizm samorodnogo zolota iz skarnov Tyrnyauzskogo rudnogo uzla (Kabardino-Balkarskaya respublika) [Typomorphism of native gold from skarns of the Tyrnyauz ore cluster (Kabardino-Balkar Republic)]. *Nauka Yuga Rossii (Vestnik YuNK)*. 12(1):32–42. (in Russian)

Shcherbakov Yu.G. 1975. Geokhimicheskaya evolyutsiya Zemli i endogennoe rudoobrazovanie [Geochemical evolution of the Earth and endogenous ore formation]. *In: Zoloto i redkie elementi v geokhimicheskikh prozessah*. Novosibirsk, Nauka, pp. 14–33. (in Russian)

Shcherbakov Yu.G. 1982. Periodicheskaya sistema i kosmogeokhimicheskoe raspredelenie elementov [Periodic table and cosmogeochemical distribution of elements]. *Geologiya i geofizika*. 1:77–84. (in Russian)

Yakhontova L.K., Sidorenko G.A. 1974. Mineralny sostav okhr iz zony okisleniya arsenidnykh mestorogdeniy [Mineral composition of ocher from the oxidation zone of arsenide deposits]. *Trudi Mineralogicheskogo museya im. A.E. Fersmana*. 23:184–189. (in Russian)