

УДК 551.441(571.65)

АРГИЛЛИЗИТОВЫЕ “ШЛЯПЫ” РУДОПРОЯВЛЕНИЯ “КОМПЛЕКСНОЕ”, КАЙЭНМЫВААМСКОЕ ВУЛКАНИЧЕСКОЕ ПОДНЯТИЕ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧУКОТКА)

© 2020 г. П. Е. Белоусов^а, *, А. А. Вольфсон^а, А. В. Волков^а, А. А. Сидоров^а,
К. Ю. Мурашов^а, А. Л. Галямов^а, Н. В. Сидорова^а

^аИнститут геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН),
Старомонетный пер., 35, Москва, 119017 Россия

*e-mail: pitbl@mail.ru

Поступила в редакцию 17.04.2020 г.

После доработки 17.04.2020 г.

Принята к публикации 01.06.2020 г.

В статье рассмотрены результаты минералого-геохимических исследований аргиллизитов Au–Ag рудопоявления “Комплексное”, локализованного на южном фланге Кайэнмываамского вулканического поднятия, внутренней зоны позднемелового окраинно-континентального Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП). На рудопоявлении выявлена серия изометричных (овальных) в плане аргиллизитовых “шляп”, диаметром от 200 до 900 м, сложенных красными и светло-серыми глинистыми образованиями, сопровождающихся комплексными (Au–Ag–Mo–Cu–Pb–Zn–Bi–Sn) аномалиями. В современном рельефе аргиллизитовые “шляпы” выражены пологими куполами и венчают субвулканические тела гранитоидов и эксплозивных брекчий. Серия аргиллизитовых “шляп” обрамляется вытянутыми линзовидными телами вторичных кварцитов, образующих внешнюю границу крупной кольцевой вулканоструктуры. Минеральный состав аргиллизитов: иллит–смектит (смешаннослойное образование), каолинит, мусковит, ярозит, кварц и рутил. Среднее содержание Au и Ag в валовых пробах – 0.06 и 0.075 г/т соответственно. Au находится в невидимой форме. Судя по геологическим и геохимическим данным, аргиллизитовые шляпы фиксируют близповерхностный (до 300 м), слабо эродированный уровень крупной порфирово-эпитермальной минералообразующей системы.

Ключевые слова: Центральная Чукотка, вулканический пояс, поднятие, аргиллизиты, минералогия, геохимия, порфирово-эпитермальная система

DOI: 10.31857/S0203030620050028

ВВЕДЕНИЕ

Кислотно-сульфатные образования в виде алунит-каолинитовых, цеолит-каолинитовых, гидрослюдасто-каолинитовых надрудных аргиллизитовых “шляп” нередко отмечаются на различных слабоэродированных месторождениях вулканогенных поясов. Многие крупные Cu–Mo–Au-порфировые месторождения Тихоокеанского рудного пояса сопровождаются мощными безрудными аргиллизитовыми “шляпами” [Cook et al., 2005; Sillitoe, 2010]. Иногда последние образуют самостоятельные “безкорневые” Au–Ag-эпитермальные месторождения высокосульфидированного (“high-sulfidation”) класса, хотя нет полной уверенности, что они представляют наджильную часть какого-нибудь более глубинного рудного образования. Поэтому изучение аргиллизитовых “шляп” представляет интерес для построения как геолого-генетических, так и про-

гнозно-поисковых моделей месторождений порфирово-эпитермальной минералообразующей системы.

Кайэнмываамское вулканическое поднятие находится на территории Анадырского района Чукотского автономного округа (ЧАО), в 340 км к северо-востоку от окружного центра г. Анадырь (рис. 1). Расстояние до села Марково – 240 км, до г. Билибино – 350 км, до г. Певека – 350 км, до рудника Купол – 110 км (см. рис. 1). В 80-х годах прошлого века геологами Анадырской геологической экспедиции в пределах были открыты несколько Au–Ag-эпитермальных проявлений Кайэнмываамского рудного узла (Арыкэваамское, Кайэнмываамское, Телевеемское, Комплексное) [Власов и др., 2016; Прокофьев и др., 2019]. Рудопоявление “Комплексное” – наименее изученное из перечисленных выше объектов.

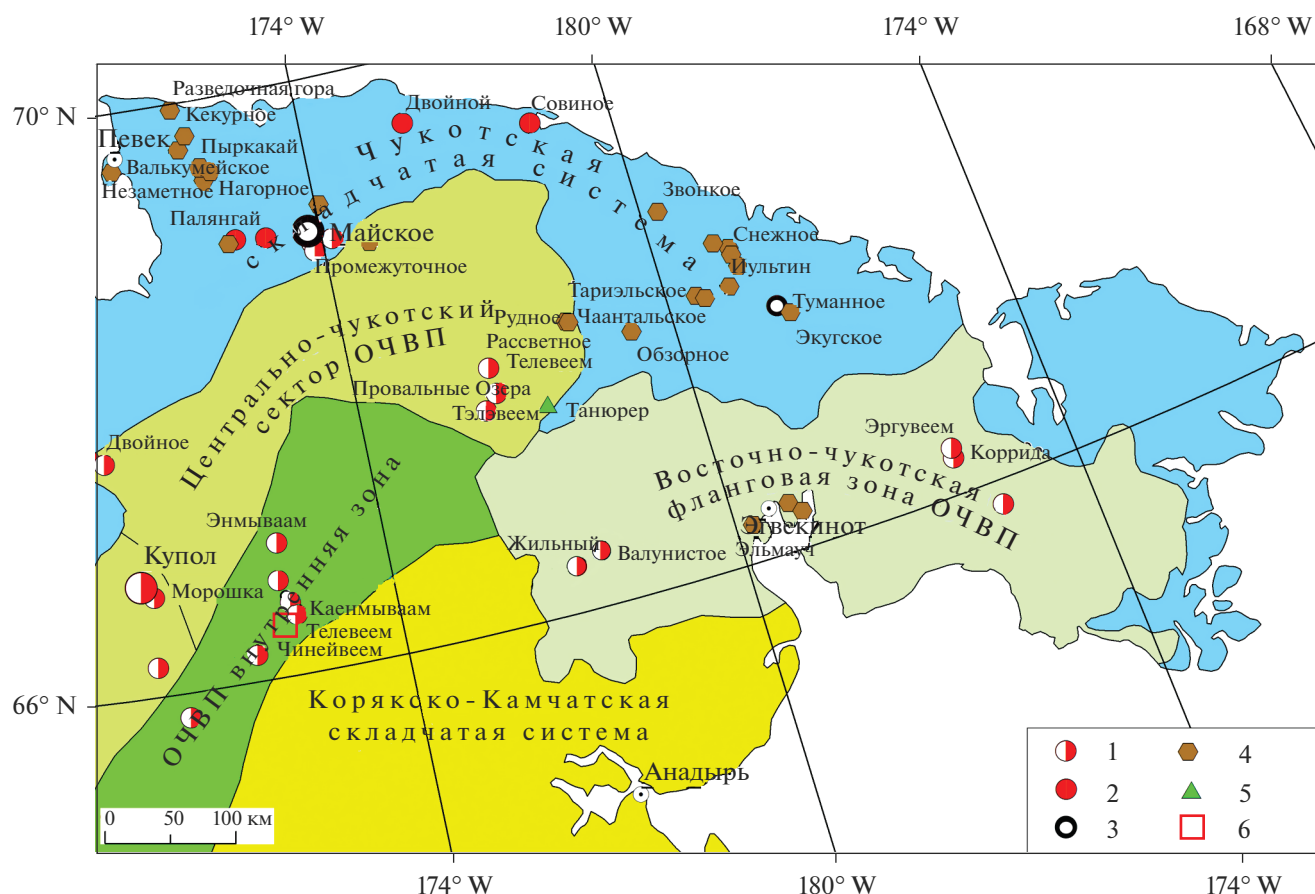


Рис. 1. Положение рудопроявления “Комплексное” в региональных структурах на основе схемы В.Ф. Белого [1994]. Месторождения: 1 – Au–Ag–эпитермальные; 2 – Au–кварцевые; 3 – Au–сульфидные, вкрапленные; 4 – оловорудные; 5 – медно-порфировые; 6 – рудопроявление “Комплексное”.

Данная работа посвящена исследованию минерального и химического состава, а также условий образования аргиллизитов рудопроявления “Комплексное”, как возможного индикатора Au–Ag–эпитермального и/или Cu–Mo–Au–порфирового оруденения, не выходящего на дневную поверхность. С целью изучения аргиллизитов рудопроявления “Комплексное” и выяснения условий их образования выполнены специальные минералого-геохимические исследования. Необходимо отметить, что минеральный и химический состав аргиллизитовых “шляп” в пределах внутренней зоны ОЧВП, в отличие от секторов его внешней зоны, практически не изучался.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили образцы аргиллизитов рудопроявления “Комплексное” Кайенмываамского рудного района. Образцы аргиллизитов были разделены в водном столбе на фракции по методике Стокса, а затем по каждой фракции были проведены: рентгенодифрак-

ционный и рентгенфлуоресцентный анализы, химический анализ методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, пробирный анализ на Au с оптико-эмиссионным окончанием. Прозрачные шлифы изучались на поляризационном микроскопе Olympus BX51 при увеличении в 50 крат. Рентгенодифракционный анализ образцов проводился на дифрактометре “ULTIMA-IV” компании “Rigaku”, Япония. Рабочий режим – 40 кВ – 40 мА, медное излучение, никелевый фильтр, диапазон измерений – 3–65° 2θ, шаг по углу сканирования 0.02° 2θ, полупроводниковый детектор нового поколения – “DTeX/Ultra”, скорость сканирования – 5° 2θ/мин.

Для выяснения состава минеральных фаз, составляющих аргиллизиты, выполнены микрозондовые исследования. Рентгеноспектральный микроанализ (PCMA) проводился на приборе JEOL JXA-8200 Electron Probe Microanalyser в ЦКП “ИГЕМ-Аналитика”, оснащенном пятью волновыми спектрометрами, при ускоряющем напряжении 20 кВ тока на цилиндре Фарадея 20 нА и

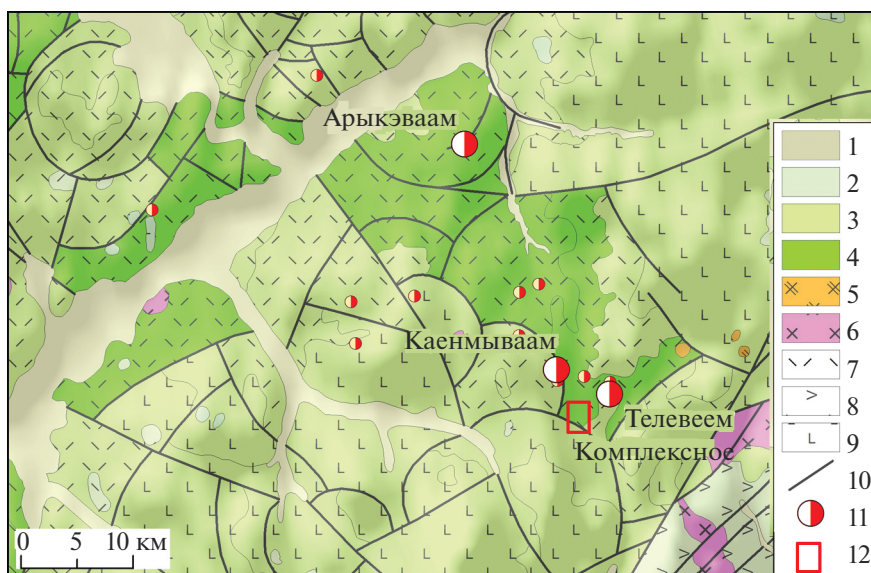


Рис. 2. Геологическая карта Кайэнмываамского вулканического поднятия.

1 — четвертичные отложения; 2 — верхние горизонты позднего мела; 3 — позднемеловые отложения; 4 — раннемеловые отложения пыкарваамской свиты; 5 — сиениты; 6 — диориты; 7 — риолиты; 8 — дациты; 9 — базальты; 10 — разломы; 11 — Au—Ag-эпитеермальные месторождения и рудопроявления; 12 — рудопроявление “Комплексное”.

диаметре пучка 1 мк. Фотографии (СОР) в режиме обратно отраженных электронов.

Определение концентрации порообразующих и отдельных примесных элементов выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа в аналитической лаборатории ИГЕМ РАН на вакуумном спектрометре последовательного действия (с дисперсией по длине волны), модель “Axios mAX” производства компании “PANalytical”. При калибровке спектрометра использованы отраслевые и государственные стандартные образцы химического состава горных пород. Анализ выполнен по методике 439-РС НСАМ ВИС, обеспечивающей получение результатов по ОСТ РФ 41-08-205-04 (аналитик А.И. Якушев).

Измерения микроэлементов (ICP-MS) проводили на масс-спектрометре с ионизацией в индуктивно-связанной плазме X-Series II в аналитической лаборатории ООО “Стюарт Геокемикл энд Эссей”. Пределы обнаружения элементов составляли от 0.1 нг/г для тяжелых и средних по массе элементов с возрастанием до 1 нг/г для легких элементов. Погрешность анализа составляла 1–3 отн. %. Содержание Au определялось пробирным анализом с атомно-спектральным окончанием (предел обнаружения 0.001 г/т). Для оценки условий формирования определены индикаторные геохимические показатели.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Рудопроявление “Комплексное” расположено в центральной части чукотского отрезка внутренней зоны ОЧВП (см. рис. 1), на южном фланге крупного Кайэнмываамского вулканического поднятия (рис. 2), в пределах которого обнажаются обширные однородные поля игнимбритов и риолитов Пыкарваамского вулканического комплекса (верхний альб) [Малышева и др., 2012]. Последний, кроме отложений пыкарваамской свиты, включает также широко проявленные и сопряженные с ними субвулканические куполообразные тела, штоки, силлы и дайки. Мощность пыкарваамской свиты варьирует от 800 до 1200 м. Внизу (500–800 м) преобладают игнимбриты дацитов, тонко чередующиеся с игнимбритами риолитов и более редкими туфами и витрофирами дацитов и риолитов. Верхнюю часть (300 м) составляют преимущественно игнимбриты риолитов, изредка присутствуют туфы риолитов и игнимбриты дацитов. Глубинные северо-восточные и северо-западные разломы служат тектоническими ограничителями Кайэнмываамского поднятия (см. рис. 2).

Рудопроявление “Комплексное” находится в пределах Телевеемского рудного поля, входящего в состав Кайэнмываамского рудного узла (см. рис. 2). В геологическом строении проявления принимают участие лавы, туфы и игнимбриты базальтов, андезитов, дацитов, риодацитов, трахиандезитов, трахириодацитов, субщелочных трахириолитов, которые интродуцированы штоками и

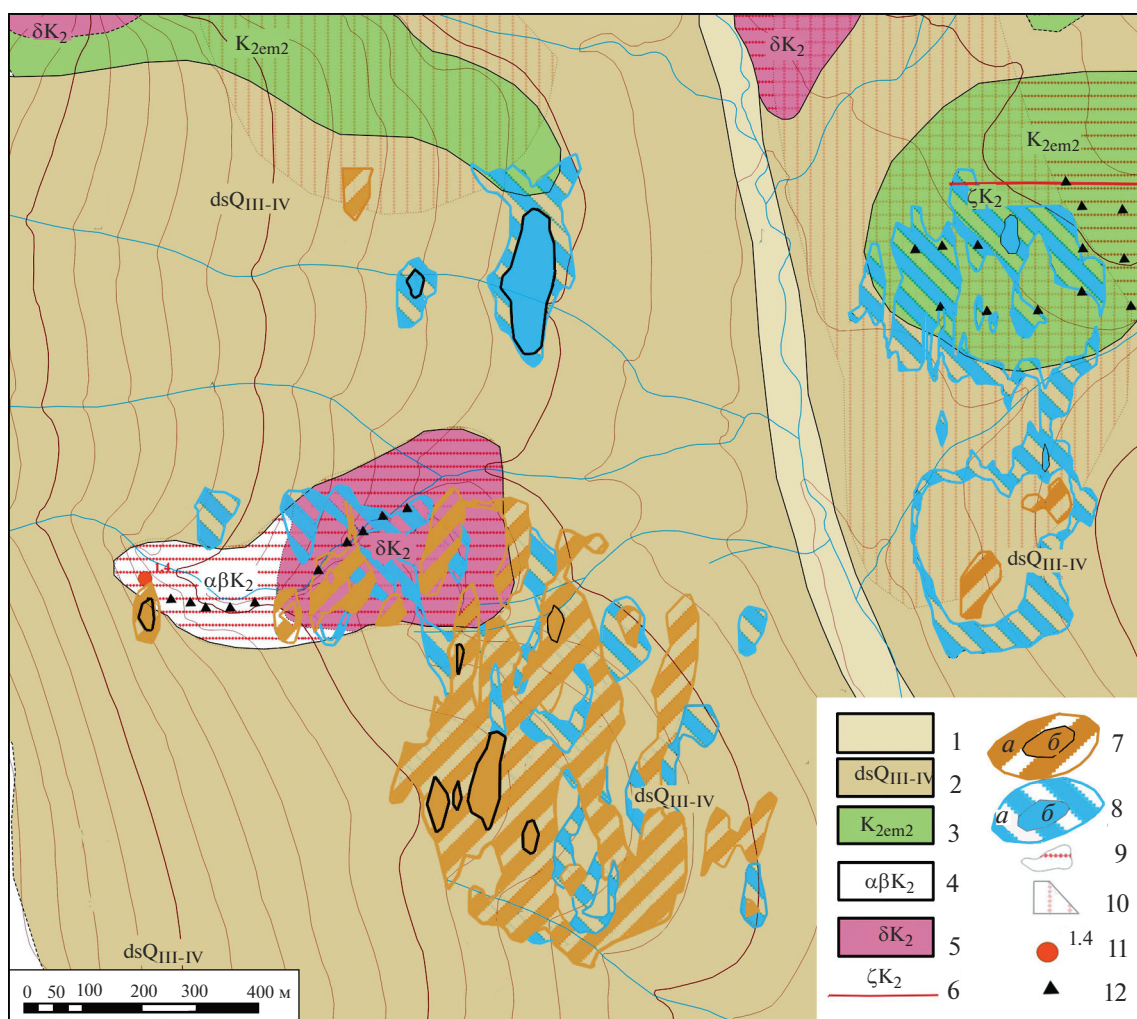


Рис. 3. Геологический план рудопоявления “Комплексное”.

1 – аллювиальные четвертичные отложения; 2 – делювиально-солифлюкционные четвертичные отложения; 3 – андезиты, туфы среднего состава; 4 – субвулканические тела андезибазальтов, базальтов; 5 – субвулканические тела диорит-монцитов; 6 – дайка дацитов; 7 – литогеохимические аномалии золота ($a - 0.06$ г/т, $b - 0.15$ г/т); 8 – литогеохимические аномалии серебра ($a - 0.12$ г/т, $b - 0.18$ г/т); 9 – вторичные кварциты; 10 – аргиллизиты; 11 – штуфная проба с содержанием золота > 1.0 г/т; 12 – места отбора штуфных проб.

дайками андезибазальтов, дайками дацитов и риодацитов, штоками и дайками трахибазальтов, а также штоками и дайками диоритов и монцодиоритов (рис. 3). С выходами субвулканических тел пространственно связано развитие полей вторичных кварцитов и аргиллизитов, вмещающих кварцевые жилы с эпитермальной золото-серебряной минерализацией. Геологическая позиция рудопоявления определяется его положением на пересечении ветвей двух зон глубинных разломов: Аноийской северо-западного простирания, и Вапанай-Млелинской северо-восточного направления (см. рис. 2).

Рудопоявление “Комплексное” занимает площадь около 2.0 км^2 и представлено серией изометричных (овальных) аргиллизитовых “шляп” диаметром от 200 до 900 м (рис. 3, рис. 4), сложен-

ных с поверхности красными и светло-серыми глинами, в которых установлены содержания Au – от 0.05 до 0.1 г/т, Ag – от 0.04 до 0.17 г/т, Cu – от 10 до 35.8 г/т, и Mo – от 7.56 до 37.68 г/т. Примечательно, что поля развития глинистых образований обрамляются вытянутыми линзовидными телами вторичных кварцитов, которые, по-видимому, образуют внешнюю границу кольцевой палеовулканогенной структуры, контролирующую во внутренней своей зоне центры эксплозивной и гидротермальной деятельности (палеократеры), которые в современном рельефе выражены пологими куполами, в верхней части сложенными аргиллизитами (см. рис. 4).

С аргиллизитовыми “шляпами” и вторичными кварцитами связаны комплексные (Au–Ag–Mo–Cu–Pb–Zn–Bi–Sn) геохимические анома-



Рис. 4. Аргиллизитовые “шляпы” рудопроявления “Комплексное”. Вид с вертолета.

лии (см. рис. 3), свидетельствующие о наличии здесь мощной рудообразующей гидротермальной системы. На расстоянии от 1.5 до 3–5 км от аргиллизитовых “шляп” установлены эпитермальные кварцевые жилы, преимущественно северо-западного простирания с промышленными содержаниями Au и Ag [Власов и др., 2016; Прокофьев и др., 2019].

РЕЗУЛЬТАТЫ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы аргиллизитов представлены тремя валовыми пробами (G-1, G-2, G-3), отобранными (сверху–вниз, на глубину 1 м) в обнажении по разрезу “шляпы” (рис. 5). Пробы G-1 и G-3 представлены однородной глинистой массой красновато-охристого цвета с обломками материнской породы до 0.5–1 см. G-2 представлена смесью светло-бежевой (до белого) с красновато-охристой глиной, с обломками материнской породы.

В составе аргиллизитов валовых проб преобладает SiO_2 (65.42–74.15%), присутствуют заметные концентрации Al_2O_3 (13.08–16.1), K_2O (0.84–2.39), Fe_2O_3 (3.26–4.49) а также TiO_2 (0.61–0.74), Na_2O (0.18–0.55), CaO (0.2–0.29) и MgO (0.16–0.48) (табл. 1). Для аргиллизитов характерны низкие и очень низкие значения P_2O_5 и MnO (см. табл. 1). Содержание серы в изученных пробах варьирует от низких до довольно высоких значений (0.09–1.07%), что, по-видимому, связано с наличием сульфатов (барита, алунита и др.), типичных для высококосульфидизированных эпитермальных Au–Ag руд Кайэнмываамского вулканического поднятия. Во фракции менее 15 мкм пробы G-3, полученной методом отмучивания, содержание SiO_2 снизилось почти в два раза (до 37.98%), других составляющих наоборот возросло (см. табл. 1): Al_2O_3 (24.19%), K_2O (1.08), Fe_2O_3 (20.45), TiO_2 (1.08), CaO (0.39) и S (1.1). Среднее содержание Au и Ag в валовых образцах – 0.06 и 0.075 г/т соответственно (табл. 2).

Таблица 1. Химический состав аргиллизитов (мас. %) рудопроявления “Комплексное”

№ пробы	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3 общ.	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	S	ППП	Σ
G-1	72.41	0.73	15.69	3.35	<0.005	0.37	0.20	0.32	1.40	0.14	0.09	4.02	98.7
G-2	65.42	0.74	16.10	4.49	<0.005	0.48	0.26	0.55	2.39	0.13	1.07	8.46	100
G-3	74.15	0.61	13.08	3.26	<0.005	0.16	0.29	0.18	0.84	0.12	0.34	7.06	100
G-3/15	37.98	1.08	24.19	20.45	<0.005	0.21	0.39	0.25	1.08	0.19	1.1	13.11	100

Примечание. Рентгенофлуоресцентный анализ – лаборатория ИГЕМ РАН.



Рис. 5. Место отбора валовых проб аргиллизитов рудопроявления “Комплексное”.

Результаты анализа элементного состава аргиллизитов представлены в табл. 2 и на диаграмме (рис. 6), где они нормированы по отношению к средним значениям для верхней коры [Тейлор, Мак-Леннан, 1988]. Аргиллизиты обогащены узким спектром элементов (Au, As, Ag, Mo, Pb, Cu) (см рис. 6). Коэффициенты обогащения невысокие и варьируют от нескольких раз (Pb, Cu) – до десятков раз (As, Au, Mo) (см. рис. 6), что свидетельствует о синхронном участии микроэлементов в рудообразовании. Вмещающие вулканические толщи незначительно обогащены довольно

широким спектром элементов по сравнению с аргиллизитами, однако коэффициенты обогащения не превышают (2–5 раз) [Малышева и др., 2012].

Отношение U/Th (табл. 3) в аргиллизитах значительно, почти на порядок меньше, чем 0.75 (0.09 и ниже), что свидетельствует об окислительной среде их рудообразования [Jones, Manning, 1994].

Величина отношения Co/Ni в аргиллизитах (см. табл. 3) варьирует от 0.33 до 0.44, что харак-

Таблица 2. Содержание золота и микроэлементный состав (г/т) валовых проб аргиллизитов рудопроявления “Комплексное”

№	Размерность	Au	Ag	As	Cu	Mo	Pb	Se	Te	Ni	Co	Rb	Sr	Th	U	Ba	Nb	La	Y
G-1	Комовая	0.053	0.09	14.7	16.6	24.76	18.7	4.5	0.97	1.0	0.4	5.4	20.1	0.7	0.06	200	0.08	2.1	0.71
G-2	Комовая	0.059	0.06	34.8	17.2	37.68	36.6	3.8	1.04	0.9	0.4	10.2	42.1	1.3	<0.05	204	<0.05	6.4	2.75
G-3	Комовая	0.068	0.06	15.4	35.8	27.43	14.7	11.3	1.22	0.9	0.3	2.9	19.6	0.5	<0.05	350	<0.05	1.0	0.35
G-1a	>80 мкм	0.023	0.37	5.1	11.6	10.35	10.8	1.3	0.27	1.8	0.4	3.1	14.5	0.5	<0.05	206	<0.05	1.5	0.41
G-1b	<80 мкм	0.131	0.37	32.9	52.1	50.52	33.3	13.4	1.89	0.9	0.4	8.4	23.8	1.2	0.16	278	0.09	3.0	1.02
G-2a	>80 мкм	0.02	0.13	4	20.6	7.98	9.1	0.7	0.15	0.9	0.3	5.6	21.9	0.9	0.05	141	<0.05	4.7	1.64
G-2b	<80 мкм	0.117	0.28	68.7	72.3	77.99	82.5	5.3	2.08	1.0	0.6	12.7	63.7	2.4	0.15	56	<0.05	11.5	6.46
G-3a	>80 мкм	0.03	0.09	4.3	46.3	14.53	10.2	4.7	0.48	0.8	0.2	1.7	13.3	0.4	0.05	572	<0.05	1.1	0.29
G-3b	<80 мкм	0.212	0.37	40.8	147.9	75.08	37.0	41.1	4.09	0.3	0.1	5.7	27.6	1.2	0.20	204	0.05	1.8	0.45
G-3/15	<15 мкм	0.257	0.39	49.4	134	93.86	43.9	50.1	4.64	1.0	0.4	5.9	34.4	1.2	0.29	189	0.07	1.7	0.47

Примечание. Аналитическая лаборатория ООО “Стюарт Геокемикл энд Эссей”, Au – пробирный анализ с последующим определением Au атомно-спектральным анализом; определение основных элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой после царскоговодочного разложения.

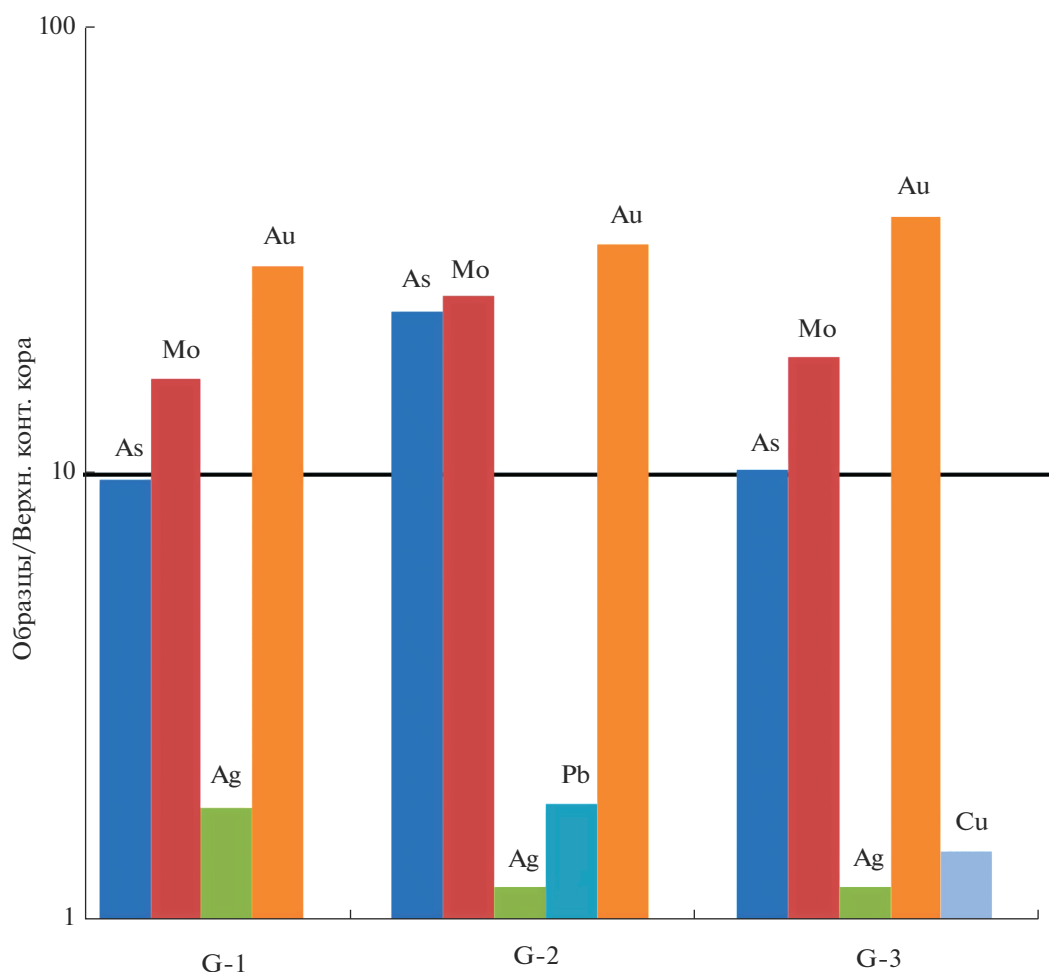


Рис. 6. Микроэлементы в аргиллизитах рудопроявления “Комплексное”, нормированные по отношению к средним значениям для верхней коры [Тейлор, Мак-Леннан, 1988].

терно для низкотемпературных флюидов метеорного происхождения [Kun et al., 2014].

Отношение Au/Ag (см. табл. 3) в аргиллизитах — в среднем 1 : 8 — коррелирует со значениями этого параметра в рудах близлежащих эпитермальных месторождений [Малышева и др., 2012].

Аргиллизиты имеют значения Nb/La и Th/La значительно меньше 1 (см. табл. 3). Следовательно, минералообразующие флюиды принадлежали NaCl–H₂O гидротермальной системе, обогащенной Cl относительно F [Oreskes, Einaudi, 1990].

Отношение Rb/Sr может быть использовано в качестве индикатора степени аргиллизации [Ников, 2013]. Для зоны сильной аргиллизации значения Rb/Sr аномально низки от 0.01 до 0.001. Отношение Rb/Sr изученных проб варьирует от 0.15–0.27 (см. табл. 3), что соответствует значениям характерным для зоны средней аргиллизации [Ников, 2013].

Для белой разновидности глины (обр. G-2) проведен рентгенофазовый анализ, по результатам которого определен минеральный состав. Проба состоит из смешаннослойного образования иллит-сметитового состава, каолинита, му-

Таблица 3. Индикаторные показатели валовых проб аргиллизитов рудопроявления “Комплексное”

Показатели	Пробы		
	G-1	G-2	G-3
Nb/La	0.04	—	—
Th/La	0.33	0.20	0.50
U/Th	0.09	—	—
Rb/Sr	0.27	0.24	0.15
Co/Ni	0.40	0.44	0.33
Te/Se	0.22	0.27	0.11
Au/Ag	0.59	0.98	1.13

Таблица 4. Минеральный состав валовой пробы G-2

Минерал	%
Иллит-смектит	25.3
Мусковит	19.6
Хлорит	5.6
Каолинит	20.1
Ярозит	23.1
Кварц	4.7
Рутил	1.6

Примечание. Рентгенодифракционный анализ — лаборатория ИГЕМ РАН.

сковита, ярозита, кварца и рутила (табл. 4). Анализ данного образца на микрозонде полностью подтвердил результаты рентгенофазового анализа. Помимо вышеперечисленных минералов были обнаружены единичные зерна барита (2–3 мкм), монацита, циркона (5 мкм), магнетита (7 мкм, рис. 7а), минералы селена и теллура. Сто-

ит отметить, что ярозит встречается двух генераций (0.5 и 2–3 мкм), имеет кубическую форму, что, по видимому, связано с замещением им зерен пирита (см. рис. 7б). По геохимическим данным (см. табл. 4), можно предположить, что “красные” разновидности проб имеют меньшее содержание каолинита и большее содержание иллит–смектита и мусковита.

Помимо аргиллизитов были изучены вмещающие породы, представленные каолинитизированными гранитоидами. В прозрачных шлифах и под микрозондом отчетливо фиксируется кварц-полевошпатовая порода с оторочкой из каолинитизированной породы (см. рис. 7в, 7г). В виде примесей присутствуют слюда, барит и циркон.

С целью определения формы нахождения золота и его размерности, все три пробы были разделены на фракцию более 80 мкм (G-1а, G-2а, G-3а) и менее 80 мкм (G-1б, G-2б, G-3б). Пробирный анализ показал, что основная часть золота (85–87%) находится во фракции менее 80 микрон и составляет 0.11–0.22 г/т (см. табл. 2). Попытка

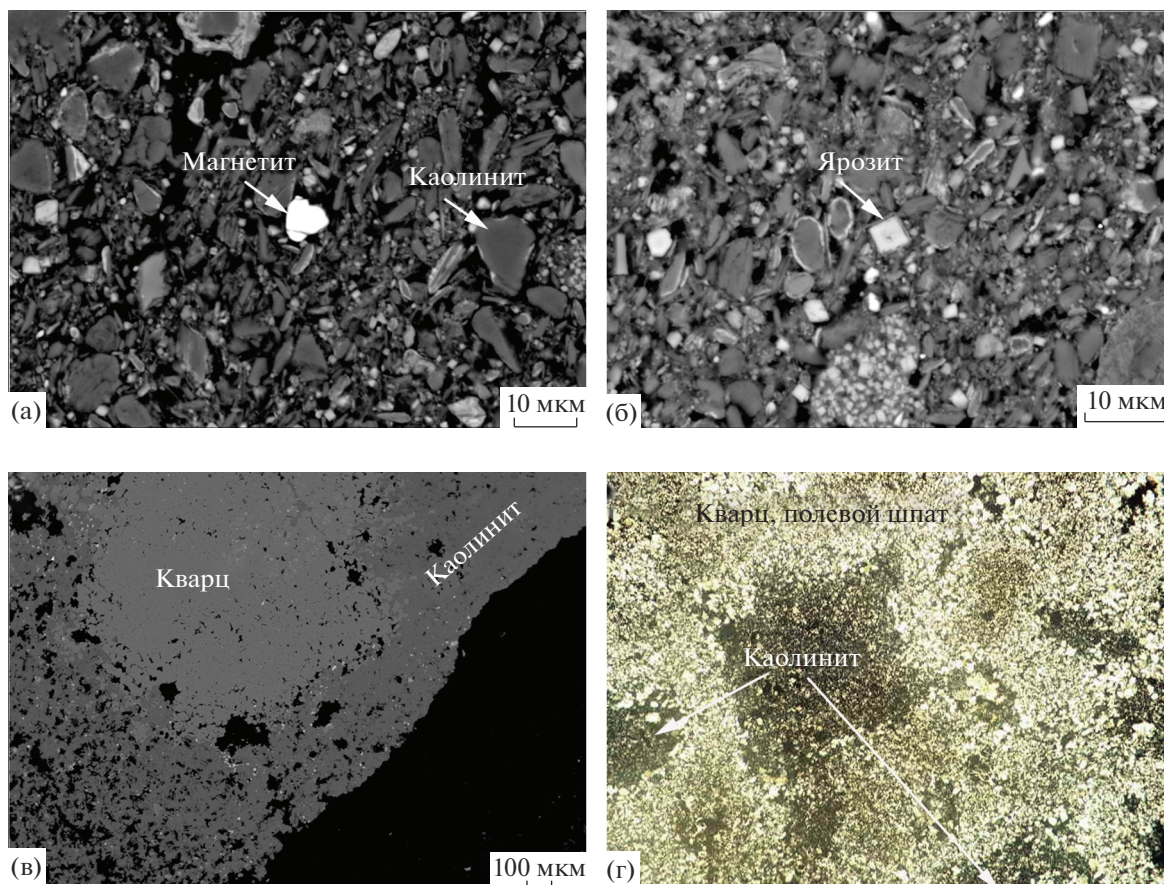


Рис. 7. Микрофотографии валовых проб аргиллизитов (а, б) и вмещающих пород (в, г) рудопроявления “Комплексное” (а–в — микрофотографии РСМА, г — прозрачный шлиф, скрещенные николи, X50).

а — выделения магнетита и каолинита; б — псевдоморфоза ярозита по пириту; в — кайма каолинита вокруг кварца; г — каолинитизированный диорит-монцитонит.

выделения золота в тяжелых жидкостях не привела к успеху. Для пробы G-3 методом отмучивания была получена фракция менее 15 мкм. Изучение данной фракции под микроскопом также не позволило выявить видимого золота. Таким образом, можно сделать заключение о том, что все золото в пробе находится в невидимой форме.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные минералогические исследования дают возможность более детально рассмотреть генетические особенности образования аргиллизитов Кайенмываамского рудного узла. В целом, проблема различия каолинитов кор выветривания от гидротермальных разностей является дискуссионным вопросом и не имеет единого подхода. В основном это связано с тем, что в большинстве случаев присутствует наложение процессов, то есть гидротермальные глины подвергаются последующему выветриванию.

В данном случае, присутствуют факторы как в пользу экзогенного (процессы выветривания), так и эндогенного (гидротермальные процессы) происхождения. Если рассматривать факторы в пользу экзогенного генезиса, можно отметить сходство с классической корой выветривания, о чем свидетельствуют каолинитизированные гранитоиды в роли вмещающих пород и перекрывающая их глинистая “шапка” пластообразной формы. Стоит отметить высокое содержание ярозита (23%) — индикатора коры химического выветривания. Однако ярозит может быть и гидротермального происхождения, как на эпитермальном месторождении Купол [Волков и др., 2012].

В пользу эндогенного генезиса (гидротермальные процессы) говорит морфология ярозита. Отчетливые кубические формы свидетельствуют о замещении ярозитом зерен пирита (см. рис. 76). Помимо морфологии зерен ярозита, стоит отметить данные предшественников [Малышева и др., 2012], установившие наличие алунита в составе аргиллизитов, что указывает на участие в формировании последних низкотемпературных сернокислых гидротерм [Nikov, 2013].

Минералогический анализ аргиллизитов позволил предположить присутствие наложенных процессов — первичного гидротермального преобразования материнских пород и вторичных процессов выветривания. Попытки определить размерность золота методом разделения в тяжелых жидкостях и электронной микроскопией не увенчались успехом, что, по-видимому, связано с его “невидимой” формой.

По совокупности геохимических и геологических данных можно предположить, что аргиллизитовые “шляпы” рудопроявления “Комплекс-

ное” — верхний, слабо эродированный уровень порфирово-эпитермальной системы, а на умеренной глубине весьма вероятно выявление крупного и достаточно богатого Cu—Mo—Au-порфирового месторождения, которое может иметь промышленное значение [Cook et al., 2005; Sillitoe, 2010].

Таким образом, рудопроявление “Комплексное” обладает значительным промышленным потенциалом, для раскрытия которого необходимо провести полный комплекс поисковых геолого-разведочных работ.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках темы Госзадания ИГЕМ РАН “Металлогения рудных районов вулканоплутоногенных и складчатых орогенных поясов Северо-Востока России”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белый В.Ф. Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. 1994.
- Власов Е.А., Прокофьев В.Ю., Николаев Ю.Н. и др. Новая находка золото-теллуридной минерализации на Чукотке: минералогия и условия формирования рудопроявления Телевеем // Руды и металлы. 2016. № 4. С. 48—50.
- Волков А.В., Прокофьев В.Ю., Савва Н.Е. и др. Рудообразование на золото-серебряном месторождении Купол, Северо-восток России (по данным изучения флюидных включений) // Геология рудных месторождений. 2012. Т. 54. №. 4. С. 350—359.
- Малышева Г.М., Исаева Е.П., Тихомиров Ю.Б. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист Q-59 — Марково. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 226 с.
- Прокофьев В.Ю., Волков А.В., Сидоров А.А. и др. Геохимические особенности рудообразующего флюида Au—Ag-эпитермального месторождения Купол (Северо-Восток России) // Докл. РАН. 2012. Т. 447. № 4. С. 433—436.
- Прокофьев В.Ю., Волков А.В., Николаев Ю.Н. и др. Условия формирования Au—Ag-эпитермальной минерализации Кайенмываамского рудного поля (Центральная Чукотка) // Руды и металлы. 2019. № 1. С. 52—57.
- Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
- Cook D.R., Hollings P., Walshe J.L. Giant Porphyry Deposits: Characteristics, Distribution, and Tectonic Controls // Econ. Geol. 2005. V. 100. P. 801—818.
- Hikov A. Geochemistry of hydrothermally altered rocks from the Asarel porphyry copper deposit, Central Srednogorie // Geologica Balcanica. 2013. V. 42. № 1—3. P. 3—28.

Jones B., Manning D.A.C. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones // *Chem. Geol.* 1994. V. 111. P. 111–129.

Kun L., Ruidong Y., Wenyong Ch. et al. Trace element and REE geochemistry of the Zhewang gold deposit, southeastern Guizhou Province, China // *Chin. J. Geochem.* 2014. V. 33. P. 109–118.

Oreskes N., Einaudi M.T. Origin of rare-earth element enriched hematite breccias at the Olympic Dam Cu–U–Au–Ag deposit, Roxby Downs, South Australia // *Econ. Geol.* 1990. V. 85. № 1. P. 1–28.

Sillitoe R.H. Porphyry Copper Systems // *Econ. Geol.* 2010. V. 105. P. 3–41.

Argillizite “Hats” of “Compleksnoe” Ore Occurrence of Kajenmyvaamskoe Volcanic Uplift (Central Chukotka)

P. E. Belousov^{1,*}, A. A. Vol'fson¹, A. V. Volkov¹, A. A. Sidorov¹,
K. Yu. Murashov¹, A. L. Galyamov¹, and N. V. Sidorova¹

¹*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Science (IGEM RAS), Staromonetny lane, 35, Moscow, 119017 Russia*

*e-mail: pitbl@mail.ru

The article is devoted to the results of mineralogical and geochemical studies of argillizites of “Compleksnoe” Au–Ag ore occurrence, localized on the southern flank of the Kajenmyvaamskoe volcanic uplift, the inner zone of the Late Cretaceous marginal-continental Okhotsk-Chukchi volcanic belt (OCVB). At the ore occurrence, a series of isometric (oval) in plan view argillizite “hats” with a diameter of 200 to 900 m are described. They are composed of red and light gray clay formations and accompanied by complex (Au–Ag–Mo–Cu–Pb–Zn–Bi–Sn) anomalies. In the recent relief, argillizite “hats” are characterized by gently sloping domes and crown the subvolcanic bodies of diorite-monzonites and explosive breccias. A series of argillizite “hats” is framed by elongated lenticular bodies of secondary quartzites, which form the outer boundary of a large annular volcanostructure. The argillizites are composed of the following minerals: illite-smectite (mixed layer formation), kaolinite, muscovite, jarosite, quartz and rutile. The average content of Au and Ag in bulk samples are 0.06 and 0.075 g/t, respectively. Au in invisible form is present. According to the geological and geochemical data, argillizite “hats” fix a near-surface (up to 300 m), slightly eroded, level of a large porphyry-epithermal mineral-forming system.

Keywords: Central Chukotka, volcanic belt, uplift, argillizites, mineralogy, geochemistry, porphyry-epithermal system