

УДК 553.06(553.07)

ИНТРУЗИВНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ВУЛКАНОСТРУКТУРЫ И Au–Ag ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕВЕНРЕКАН (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

© 2020 г. В. В. Прийменко^{а, *}, А. Н. Глухов^{а, **}, М. И. Фомина^{а, ***}, Т. И. Михалицына^{а, ****}

^аСеверо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН,
ул. Портовая, 16, Магадан, 685000 Россия

*e-mail: priyemenkovladimir@gmail.com

**e-mail: gluhov76@list.ru

***e-mail: mif-74@yandex.ru

****e-mail: tim_66@mail.ru

Поступила в редакцию 15.04.2020 г.

После доработки 07.05.2020 г.

Принята к публикации 01.06.2020 г.

Приведены данные о геолого-структурной позиции и составе руд месторождения Невенреккан. Освещены региональные и локальные факторы контроля оруденения. Рудные тела приурочены к сопряжению региональных разломов и кольцевых разрывов вулканической просадки. Геохимическая зональность рудного поля нарушена. Показаны особенности распределения геохимических ассоциаций в рудных зонах месторождения. Структурно-геологические и геохимические данные, а также данные сопоставления Au–Ag месторождений Охотско-Чукотского, Удско-Мургаляского, Центрально-Камчатского вулканогенных поясов указывает на то, что рудообразование происходило в два этапа. На первом – вулканогенном – формировалась эпitherмальная Au–Ag минерализация, на втором – плутоногенном – золото-редкометалльная, проявленная в эпидотизации и окварцевании пород рудного поля, в метаморфизме вулканогенного оруденения. Наличие позднего, связанного с гранитоидами, этапа минералообразования отличает месторождение Невенреккан от других Au–Ag месторождений Эвенского рудного района и сближает его с месторождениями Карамкен, Нявлэнга и Чиротан.

Ключевые слова: Охотско-Чукотский вулканогенный пояс, интрузивный этап, эпitherмальное оруденение, Au–Ag месторождение, золото-редкометалльная формация, метаморфизм

DOI: 10.31857/S0203030620050041

ВВЕДЕНИЕ

Месторождение Невенреккан расположено в северо-западной части Эвенского рудного района Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП). Месторождение относительно слабо изучено и лишь кратко охарактеризовано в литературе [Стружков, Константинов, 2005]. В материалах поисковых работ (А.Г. Чернявский, 1976 г., К.С. Кумачев, 1978 г. и др.) структурная позиция месторождения связывалась с Невенрекканским интрузивно-купольным поднятием, расположенным на северо-западном фланге рудного поля. Позднее Р.Г. Кравцовой [2010] была показана связь Au–Ag оруденения с Туромчинской вулканотектонической депрессией и ранним этапом эволюции ОЧВП [Умитбаев, 1986; Котляр и др., 2001; Русакова, 2006]. В пределах Туромчинской вулканотектонической депрессии (рис. 1) этому этапу соответствует накопление вулканитов раннеме-

ловой андезитовой (тайночинская свита) и поздне-меловой риодацитов (вархаламская толща) формаций, а также внедрение многофазных интрузий габбро-диоритов, гранодиоритов и гранодиорит-порфиров гармандинского магматического комплекса [Русакова, 2006; Жуланова, Русакова, 2005]. Позднему этапу развития ОЧВП в пределах рудного поля соответствуют завершающие эволюцию ОЧВП андезибазальты [Акинин, Миллер, 2011]. С образованием гранитоидов гармандинского комплекса парагенетически связано штокерное месторождение золота Перекатное, расположенное в 1.5 км от месторождения Невенреккан, в юго-восточном направлении (см. рис. 1). Оно принадлежит к золото-редкометалльной формации и приурочено к надинтрузивной зоне крупной многофазной интрузии габбро-гранодиоритового состава – Перекатненской (рис. 2) интрузивно-купольной структуре. Рудоносный

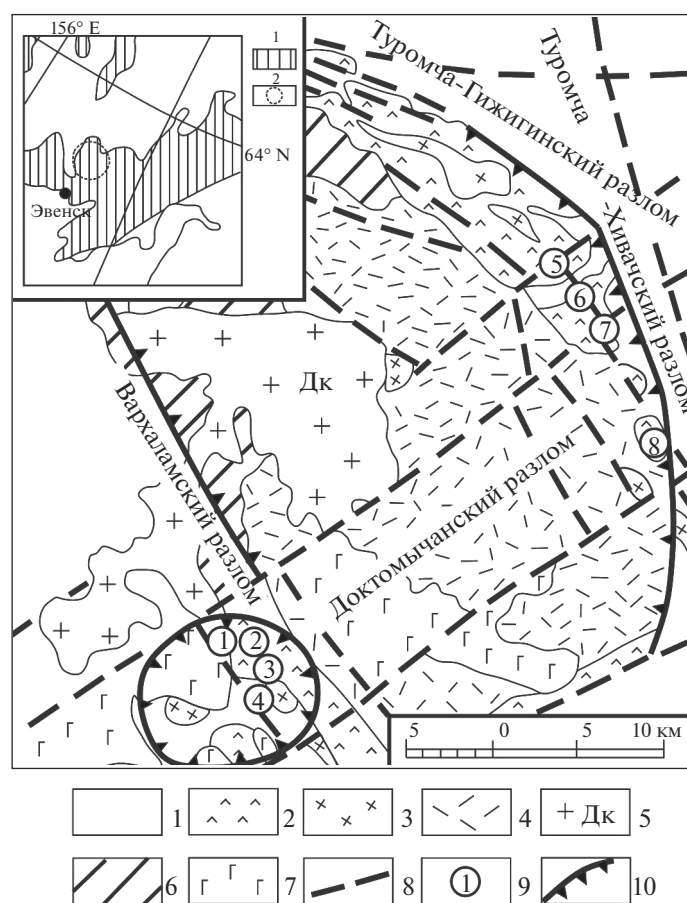


Рис. 1. Геолого-структурная схема Туромчинской ВТД, по [Умитбаев, 1986] с добавлениями в юго-западной части и упрощением, с использованием материалов А.Г. Чернявского, 1976 г., В.К. Политова, 1981 г., Н.Г. Шаповалова, 1982 г. 1 – цоколь вулканоструктуры и породы сопряженных структур; 2 – кольцевые комплексы пород раннего этапа эволюции ОЧВП: тайночинская и вархаламская толщи; 3 – интрузии комагматичные раннему этапу; 4–7 – поздний этап эволюции ОЧВП: 4 – центральные комплексы: хайчанская и туромчинской толща, 5 – Дк – Доктомычанский батолит, 6 – интрузии с порфировидной структурой, 7 – платобазальты (андезиобазальты); 8 – разломы; 9 – золото-серебряные месторождения и рудопроявления (1–3 – рудные зоны месторождения Невенрекан, 4 – Перекатное, 5 – Сопка Кварцевая, 6 – Старт, 7 – Дальнее, 8 – Альдигич); 10 – границы вулcano-тектонической депрессии и Невенреканской просадки. На врезке – схема тектонического районирования ОЧВП [Акинин, Миллер, 2011]: 1 – ОЧВП, 2 – границы Туромчинской ВТД.

кварцевый штокверк расположен в зоне тектонического нарушения в ороговикованных алевролитах и песчаниках триасового возраста.

Эвенский рудный район, помимо месторождения Невенрекан, образован несколькими Au–Ag месторождениями: Сопка Кварцевая, Дальнее, Ирбычан, Орох. В литературе достаточно подробно охарактеризовано их геологическое строение [Костырко и др., 1974; Животнев, Литовченко, 1977; Умитбаев, 1986; Кравцова и др., 2009; Горячев и др., 2017], физико-химические условия рудообразования [Кравцова, 2010]; они имеют достоверно определенный как геологическими данными, так и изотопными Rb–Sr и Ag–Ag датировками позднемелового возраст [Кравцова и др., 2009; Ньюберри и др., 2000]. Помимо золото-серебряных, в Эвенском рудном районе широко распространен

ны Ag–Pb–Zn рудопроявления (Аура, Дручак, Радуга и др.), которые слабо изучены. Оловянная минерализация представлена зонами кварц-турмалиновых грейзенов с касситеритом и вольфрамитом рудопроявления Центральное [Оловоносность ..., 1984].

Взаимоотношениям эпитеpмальной Au–Ag минерализации с медно-порфировыми рудно-магматическими системами посвящена достаточно обширная литература, касающаяся прежде всего Юго-Восточной Азии [Richards, Kerrich, 1993; Corbett, Leach, 1998], и, в меньшей степени – позднеюрско-раннемеловым Удско-Мургапскому [Колова, Савва, 2008] и Олойскому [Николаев и др., 2016] вулканическим поясам Северо-Востока Азии. Применительно к ОЧВП этот вопрос практически никем специально не изучался. Можно

отметить лишь исследования А.А. Сидорова [Сидоров, 1998], который в рамках собственной концепции “базовых рудных формаций” рассматривал “рядовую” Au–Ag формацию как продукт эволюции “базовой” медно-порфировой. Однако подробно взаимоотношения этих двух рудных формаций не были рассмотрены.

С другой стороны, исследователи металлогении Северо-Востока в 1970–1980-х гг. прошлого века достаточно много внимания уделяли связям золото-серебряного и золото-редкометалльного оруденения [Осипов, 1975; Сидоров, 1978; Умитбаев, 1986; Шило и др., 1988]. Для некоторых Au–Ag месторождений ОЧВП, содержащих Sn-минерализацию (Карамкен) постулируется их связь с олово-порфировой формацией [Савва и др., 2009; Сидоров и др., 2015; Савва, 2018], ранее выделявшейся только в Южной Америке [Sillitoe, 1975]. Другие исследователи идут еще дальше и выделяют подобные объекты как самостоятельный генетический подтип эпитермальных месторождений [Некрасов, 1990; Котляр и др., 2001; Стружков, Константинов, 2005]. При этом достаточно редко рассматривается возможность наложения на эпитермальное Au–Ag более позднего плутоногенного золото-редкометалльного оруденения, связанного как с аккреционными событиями, так и распространенного в тыловых зонах надсубдукционных вулканических поясов [Sillitoe, 1972; Горячев, 1998; Гамянин и др., 2003]. В данной публикации мы попытаемся частично восполнить этот пробел.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положены материалы, полученные авторами при полевых и лабораторных исследованиях в лаборатории петрологии, изотопной геологии и рудообразования СВКНИИ ДВО РАН. Основной каменный материал был отобран из керна скважин и естественных обнажений в 2013 г. и 2018–2019 гг. на месторождениях Невенреккан и Перекатное. Минералогический анализ выполнен с помощью микроскопа Axio-plan Imagin. Микроспектральные анализы минералов выполнены на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН (Санкт-Петербург, 2017 г., аналитик О.Л. Галанкина). Данные химического состава получены методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP) в лаборатории ООО “Стюарт Геокемикл энд Эссей”. Отбор представительной выборки образцов на минералогическое изучение и химический состав был произведен таким образом, чтобы оптимально охарактеризо-

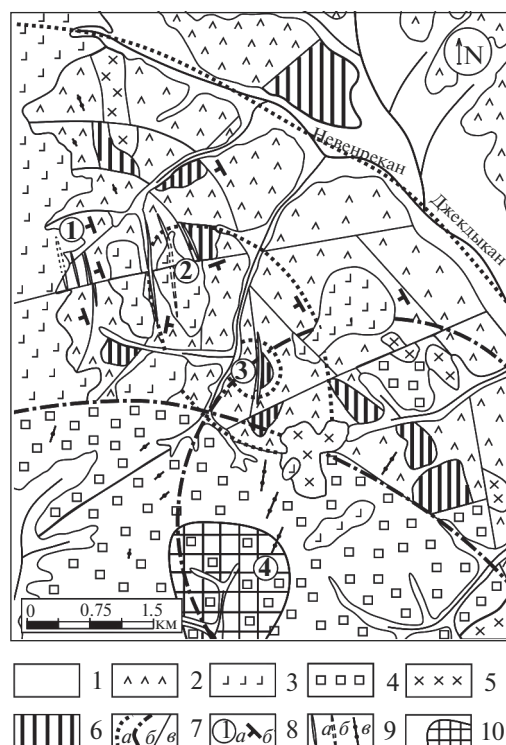


Рис. 2. Геолого-структурная позиция Невенрекканского и Перекатнского рудного поля составлена с использованием материалов А.Г. Чернявского, 1976 г., В.А. Вержака, 1977 г., К.С. Кумачева, 1979 г., Н.Г. Шаповалова, 1982 г.

1 – четвертичные отложения; 2, 3 – стратифицированные вулканы раннего (2) и позднего (3) этапа эволюции ОЧВП (андезибазальты); 4 – отложения верхояно-чукотского комплекса мезозойской зоны; 5, 6 – интрузии (5 – габбро, диориты, гранодиориты, 6 – субвулканические интрузии); 7 – структурные элементы (а – границы жерловой части, кальдеры обрушения, предполагаемая граница северо-западного ограничения Невенрекканской просадки; б – границы Перекатнского интрузивно-купольного поднятия и других поднятий; в – основные системы разломов); 8 – а – 1, 2, 3 – жилы зоны месторождения Невенреккан, 4 – месторождение Перекатное, б – элементы залегания вулкаников раннего этапа эволюции ОЧВП; 9 – а – основные жильные зоны месторождения Невенреккан, б – перекрытые платобазальтами части, в – развалы обломков кварцевых прожилков в делювии; 10 – зона развития кварцевого штокверка месторождения Перекатное.

вать месторождение в жильных зонах на различных гипсометрических отметках.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Структурная позиция месторождения определяется сопряжением двух долгоживущих глубинных разломов (Вархаламский и Доктомычанский) с локальной Невенрекканской вулканогенной просадкой. Вархаламский разлом имеет северо-западную ориентировку, а Доктомычанский – северо-восточную. В отчете о разведке ме-

сторождения Невенреккан (Н.Г. Шаповалов, 1982 г.) в пределах рудного поля описана кальдера обрушения с центриклинальным залеганием эффузивов покровной фации и жерловыми образованиями в центре (см. рис. 2). Полукольцевые разломы в северной части вулканоструктуры интерпретировались как результат внедрения многофазной интрузии габбро-гранодиоритового состава, с образованием Невенрекканского интрузивно-купольного поднятия. В то же время интрузивно-купольное поднятие не выражено в современном рельефе и не фиксируется по элементам залегания вулканитов. При сопоставлении разрезов колонкового бурения и космоснимков высокого разрешения в северо-западной части рудного поля были выявлены полукольцевые нарушения, маркируемые изменениями падения вулканитов и выраженные на местности понижениями рельефа. Это позволило выделить локальную отрицательную вулканоструктуру центрального типа [Умитбаев, 1986; Cole et al., 2005] — Невенрекканская просадка, образование которой, по всей видимости, было связано с ранним этапом эволюции ОЧВП и формированием вулканитов тайночинской свиты и вархаламской толщи. С учетом результатов горно-буровых работ, геофизических данных и ориентировки гидросети, можно оценить размеры просадки в 8×10 км. Сопряжение полукольцевых разрывов, ограничивающих просадку, с Вархаламским глубинным разломом определило локализацию и морфологию трех рудных зон месторождения. Рудное поле смещено вниз по системе взбросо-сдвигов Доктомычанского разлома с амплитудой вертикального смещения до 500 м [Умитбаев, 1986]. Это обусловило невысокий уровень эрозионного среза рудного поля и структуры в целом, сохранность эпитепмального оруденения.

Стратифицированные образования в рудном поле представлены туфами и игнимбритами дацитов и риолитов нижней и андезитов верхней пачек вархаламской толщи позднего мела [Русак, 2006]. Они прорваны телами и дайками андезитов, дацитов, габбро, диоритов, гранодиоритов (рис. 3). Субвулканические андезиты и дациты по отношению к рудному веществу являются дорудными, эксплозивные брекчии дацитового состава слагают жерловые части вулканоструктуры. Интрузии габбро, диоритов, гранодиоритов внедрялись после образования вулканогенного оруденения. Значительная часть рудного поля перекрыта пострудными покровами андезибазальтов (платобазальтов) общей мощностью до 200 м, ко-

торые представляют собой заключительную стадию магматизма в пределах рудного поля.

Рудные тела представлены крутопадающими (55° – 90°) прожилково-жильными зонами адуляр-карбонат-кварцевого состава мощностью до 12 м и протяженностью 300–500 м. Текстуры руд колломорфно-полосчатые, брекчиевые, кокардовые, каркасно-пластинчатые. Вертикальный размах оруденения достигает 200 м.

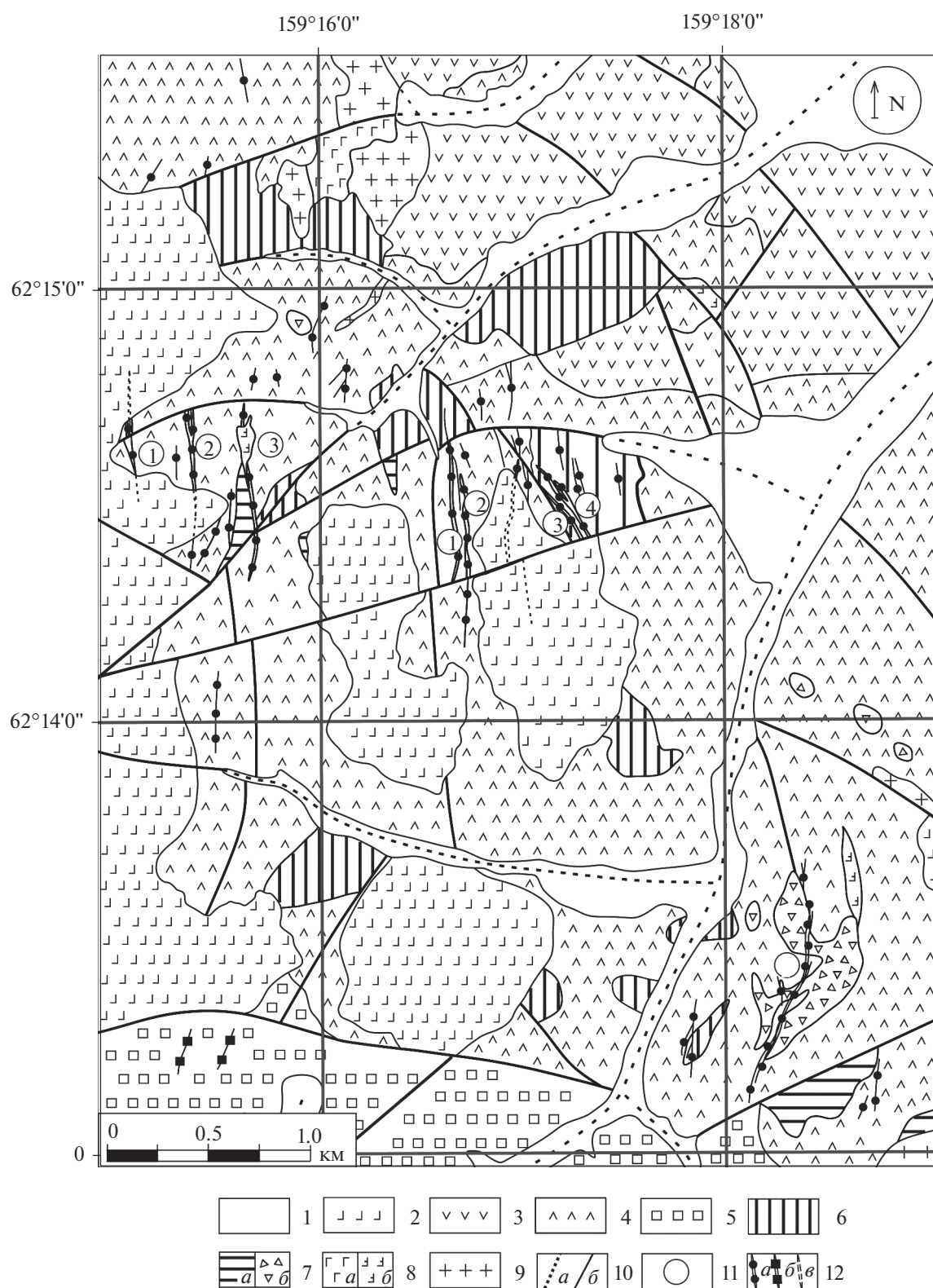
На рис. 4 изображены идеализированная модель метасоматических изменений (а) и событийная геологическая модель (б) в пределах Невенреккан-Перекактенского рудного узла. Все породы, кроме гранодиоритов, в пределах рудного поля пропилитизированы, околорудные изменения кварц-гидрослюдистые: в рудных зонах 1 и 2 жилы по вертикали сменяются надрудными зонами аргиллизаций. Вулканические породы карбонатизированы, хлоритизированы, каолинитизированы и подверглись пострудному надинтрузивному окварцеванию (рис. 5), местами проявлена эпидотизация, руды претерпели метаморфизм. Аргиллиты и алевролиты гижигинской зоны мезозой в пределах Перекактенского рудного поля ороговикованы.

По отношению к Невенрекканской вулканогенной просадке интрузии габбро-диорит и гранодиоритового состава являются поздними (резургентными). С ними авторы связывают Перекактенское интрузивно-купольное поднятие, которое хорошо выражено в рельефе и дешифрируется на космоснимках. Общий для Невенрека и Перекактенского структурный контроль Вархаламским разломом и геохимическая зональность: As–Co–Cu–Bi (Перекактенское, из материалов отчета, В. С. Стрешневский, 1988 г.) → As–Bi–Te–Sn (Невенреккан, зона 3) → Sn–As–Zn–Pb (Невенреккан, зона 2) → Pb–Zn–Sn–Sb–Hg (Невенреккан, зона 1) указывают на парагенетическую связь месторождений (см. рис. 2, 3). Геохимические ассоциации указывают на нарушение зональности геохимического поля месторождения Невенреккан [Corbett, Leach, 1998] более поздним событием.

Геохимические особенности месторождения. Микроэлементный состав руд месторождения Невенреккан приведен в табл. 1. Основные микроэлементы нормированы по отношению к средним значениям для верхней коры [Тейлор, Мак-Леннан, 1988; Hu, Gao, 2008]. Геохимический спектр руд (Au–Se–Ag–Sb–As–Te–Bi–Sn–Mn–Pb–Cu–Zn–Mo) типичен для Au–Ag эпитепмальной ми-

Рис. 3. Геологическая карта рудного поля месторождения Невенреккан, составлена с использованием материалов А.Г. Чернявского, 1976 г., Н.Г. Шаповалова, 1982 г. с незначительными изменениями.

1 — четвертичные отложения; 2 — платобазальты (андезибазальты), стратифицированные вулканиты вархаламской толщи; 3 — андезиты верхней пачки; 4 — игнимбриты и туфы риодацитов нижней пачки; 5 — отложения верхояно-чукотского комплекса мезозой, гижигинской зоны; 6 — андезиты субвулканические; 7 — а — субвулканические дациты, б — жерловые брекчии; 8 — а — габбро и комагматичные, б — базальты; 9 — гранитоиды; 10 — а — основные системы разломов, б — предполагаемые; 11 — основные рудные тела месторождения Невенреккан; 12 — а — рудные тела и жильные зоны месторождения Невенреккан, б — редкие развалы жильного кварца с незначительными содержаниями Au и Ag, «флюорит-кварцевые жилы», в — перекрытые платобазальтами части.



(a)



(б)



Рис. 5. Окварцевание (осветление) по интенсивно гидрослюдизированным (темное) околожильным игнимбритам риодацита в керне скважин: а – 254-035W (интервал 39.6–47.2 м) и б – 246-000 (интервал 117.5–124.9 м) операции 2013 г. Отмечается перекристаллизация вдоль ранних трещин, осветление, образования монолита по катаклазированной ранее породе. Метасоматиты с трудом царапаются стальной иглой, без выделения белого порошка.

Таблица 1. Элементный состав рудопроявлений по результатам анализа ICP-MS [г/т]

Элементы	Кларк	Сср	КК	№№ проб							
				20Н	16Н	5Н	17Н	6Н	8Н	14Н	3Н
Au	0.0018	8.8	4888.9	29.2	7.9	22.1	28.9	8.7	8.8	15.1	10.1
Ag	0.05	56.8	1136	20.9	81.9	100	28.2	100	100	100	100
As	1.5	291.5	194.3	1126.9	4.8	1137.2	1.9	102.8	224.1	595.2	643
Ba	550	431.9	0.8	39	20	21	62	12	74	29	14
Be	3	1.3	0.4	0.7	1	1.5	1.6	1.8	2.9	1.6	1.9
Bi	0.1	1.9	19	13.2	0	0.2	0	0	0.1	0	0.3
Cd	0.1	0.8	8	0.1	0.4	1	0.1	3.6	5	0.6	2.7
Co	10	6.2	0.6	1.2	1.3	1.3	1.3	14.4	22.4	1.1	0.7
Cr	35	12.7	0.4	12	12	9	13	13	10	9	8
Cs	3.7	2.8	0.8	0.6	0.5	0.3	2.2	0.7	4.5	2.5	0.3
Cu	25	166.6	6.7	41.9	22.6	219.7	22.6	111.2	126.6	345.2	1174.8
Ga	17	8.9	0.5	9.8	3.8	12.4	3.1	7.2	7.6	10.2	10.6
Ge	1.9	0.6	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	8.2
Hf	5.8	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
In	0.1	0.1	1	0.3	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0
Li	20	48.9	2.4	4.2	82	57.9	39.1	52.7	54.8	55.9	51.2
Mn	600	5506.9	9.2	237	2216	15129	1311	25643	11216	10449	22105
Mo	1.5	1.8	1.2	1.9	1	0.8	1	0.6	0.8	1	1.1
Nb	25	2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
Ni	20	10.4	0.5	9.3	10	6	10.5	10.6	12.3	7.8	6.6
Pb	20	171.7	8.6	112.7	16.4	200.2	6.9	34.3	129.2	140.8	2223.2
Rb	112	28.9	0.3	9	0.9	1.2	19.7	2.3	30.3	11.1	1.2
Sb	0.2	86.8	434	36.4	9.1	19.6	6.8	10.4	51.2	135.6	761.9
Sc	11	3.3	0.3	2.4	0.6	0.4	0.2	1.1	0.3	0.5	0.3
Se	0.1	136.7	1367	63	3	74	2	37	89	112	2000
Sn	5.5	82.8	15.1	9	12.1	42.6	3	46.1	104.9	127.2	1000
Sr	350	160.1	0.5	17.4	32	193.9	51.7	122.1	42.8	90.9	105.7
Ta	2.2	0.4	0.2	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Te	0.027	1.2	44.4	4.8	0.2	0.1	н.п.о.	н.п.о.	1.3	0.1	1.2
Th	10.7	3.8	0.4	1.3	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Tl	0.1	1.7	17	0.2	0	0.1	0.3	0.1	0.8	0.5	0.1
U	2.8	0.5	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
V	60	29.3	0.5	14	4	4	3	3	3	4	1
W	2	0.8	0.4	0.3	0.4	1.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6
Zn	71	300.4	4.2	22	58	535	7	1787	1155	328	1050
Zr	190	21.8	0.1	4	0.6	1.6	0.6	1.2	0.5	н.п.о.	н.п.о.
Co/Ni	0.1	2.5	0.1	1.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6	0.2	0.1
U/Th	0.2	0.3	0.5	0.2	1	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5
Y/Ho	15	13.2	27.5	16.1	39.3	45	32.2	50	22	16.9	30
La	1.8	21.9	3.2	24.3	7	1.2	1.8	2.2	16	25.2	0.7
Ce	4.3	41.8	5	45	10.5	2.4	3.2	3.5	26.1	49	1.2
Pr	0.64	5.32	0.57	5.6	1.16	0.3	0.42	0.35	2.86	6.18	0.11
Nd	3.2	23	2.2	24.7	3.7	1.2	1.6	1.3	10.3	23.6	0.4
Sm	0.74	4.81	0.56	4.89	0.61	0.26	0.37	0.23	1.67	4.7	0.24

Элементы	Кларк	Сср	КК	№№ проб							
				20Н	16Н	5Н	17Н	6Н	8Н	14Н	3Н
Eu	0.25	1.39	0.32	1.7	2.44	0.16	0.6	0.86	2.04	1.03	0.05
Gd	0.51	4.15	0.48	4.83	0.61	0.29	0.41	0.2	1.56	3.7	0.05
Tb	0.08	0.54	0.09	0.65	0.11	0.03	0.05	0.03	0.2	0.58	0.02
Dy	0.36	3.44	0.66	3.75	0.72	0.13	0.43	0.22	1.06	3.55	0.08
Ho	0.06	0.62	0.12	0.76	0.15	0.02	0.09	0.03	0.25	0.72	0.01
Er	0.15	2.13	0.33	1.98	0.41	0.07	0.21	0.08	0.63	2.11	0.03
Tm	0.02	0.29	0.05	0.28	0.05	0.01	0.02	0.01	0.08	0.33	0.01
Yb	0.13	2.03	0.4	2.08	0.39	0.09	0.22	0.07	0.51	2.68	0.07
Lu	0.02	0.35	0.04	0.29	0.05	0.01	0.01	0.01	0.09	0.37	0.01
ΣREE	12.26	111.77	14.02	120.81	27.9	6.17	9.43	9.09	63.35	123.75	2.98
ΣLREE	9.94	92.02	10.97	99.6	22.36	5.1	7.02	7.35	55.26	103.98	2.41
ΣMREE	4.78	33.89	3.65	36.77	7.47	1.94	3.03	2.62	15.77	33.61	0.76
ΣHREE	0.74	8.86	1.6	9.14	1.77	0.33	0.98	0.42	2.62	9.76	0.21
ΣLREE/ΣHREE	9.11	7.79	5.48	8.19	10.54	11.82	5.53	14.4	17.16	8.24	9.57
La/Yb	13.85	10.79	8	11.68	17.95	13.33	8.18	31.43	31.37	9.4	10
LaN/YbN	9.36	7.29	5.41	7.89	12.13	9.01	5.53	21.24	21.2	6.35	6.76
LaN/SmN	1.53	2.87	3.6	3.13	7.22	2.91	3.06	6.02	6.03	3.37	1.84
GdN/YbN	3.18	1.66	0.97	1.88	1.27	2.61	1.51	2.32	2.48	1.12	0.58
Eu/Eu*	1.24	0.95	1.89	1.07	12.22	1.78	2.15	2.05	4.71	12.25	3.86
Ce/Ce*	1.04	0.93	0.79	0.92	0.81	0.98	0.88	0.84	0.87	0.97	0.78
EuN/SmN	0.9	0.77	1.52	0.92	10.62	1.63	4.31	9.93	3.24	0.58	0.55
Hf/Sm	0.14	0.15	0.18	0.43	0.16	0.38	0.27	0.43	0.42	0.66	0.42
Nb/La	0.06	0.17	0.03	0.21	0.03	0.08	0.06	0.14	0.17	0.27	0.14
Th/La	0.72	0.05	—	0.04	—	—	—	—	0.12	0.27	—

Примечание. Сср — среднее содержание; КК — кларк концентрации; н.п.о. — нижний предел обнаружения. Состав верхней коры приведен по [Тейлор, Мак-Леннан, 1988], содержание Те — по [Hu, Gao, 2008].

ребросодержащий), халькопирит, пирротин, арсенопирит, марказит, борнит, кёстерит, блеклые руды (фрейбергит, аргентотеннантит, аргентотетраэдрит), сульфосоли (матильдит, полибазит, пираргирит), канфилдит, селеноканфилдит, агвиларит, ютенбогаардит, электрум, акантит, самородный свинец, самородное серебро, самородное золото (рис. 6). Отдельно отмечается наличие оксидов и гидроксидов Mn, гидроксидов Cu. В рудах обнаружено три разновидности самородного золота: золото I — образуется в трещинах кварцевых жил, содержащих сульфидную и полисульфидную минерализацию, а также отлагается по трещинам и в пустотах в пирите, установлены его срастания с ютенбогаардитом, агвиларитом, сульфосолями, блеклой рудой и более поздним селеноканфилдитом (см. рис. 6и, 6к). Среднепробное — от 796 до 813‰, при среднем значении 801‰; золото II отлагается в свободном состоянии в кварце, в кварц-ярозитовых жилах, по микротрещинам в сульфосолях (см. рис. 6л, м) и золоте I. Ассоциирует с золотом I, акантитом и блеклой рудой. Высокосеребристое (или весьма низкопробное) — вариации проб-

ности 397–556‰, при среднем значении 452‰, золото III формируется по трещинам в породе и в кварц-лимонитовом агрегате, корродируется лимонитом (см. рис. 6н). Высокопробное — дисперсия пробности от 897 до 920‰, при среднем показателе 908‰. Первые два типа золота мы относим к основному продуктивному вулканогенному этапу, а третье золото встречается в зонах природного обогащения и связано с гипергенным этапом оруденения.

На основании геологических, геохимических и минералогических данных нами выделен поздний плутогенный этап, который не повлиял на продуктивность месторождения, но усложнил его минеральный состав. Следует отметить, что общее содержание минералов поздней, плутоногенной, ассоциации в рудных телах месторождения Невенреккан крайне невелико и они не образуют обособленных скоплений или тем более самостоятельных типов руд, чаще всего отлагаясь по микротрещинам и пустотам в минералах ранних парагенезисов. С этим этапом мы связываем образование последней генерации кварца, серицита,

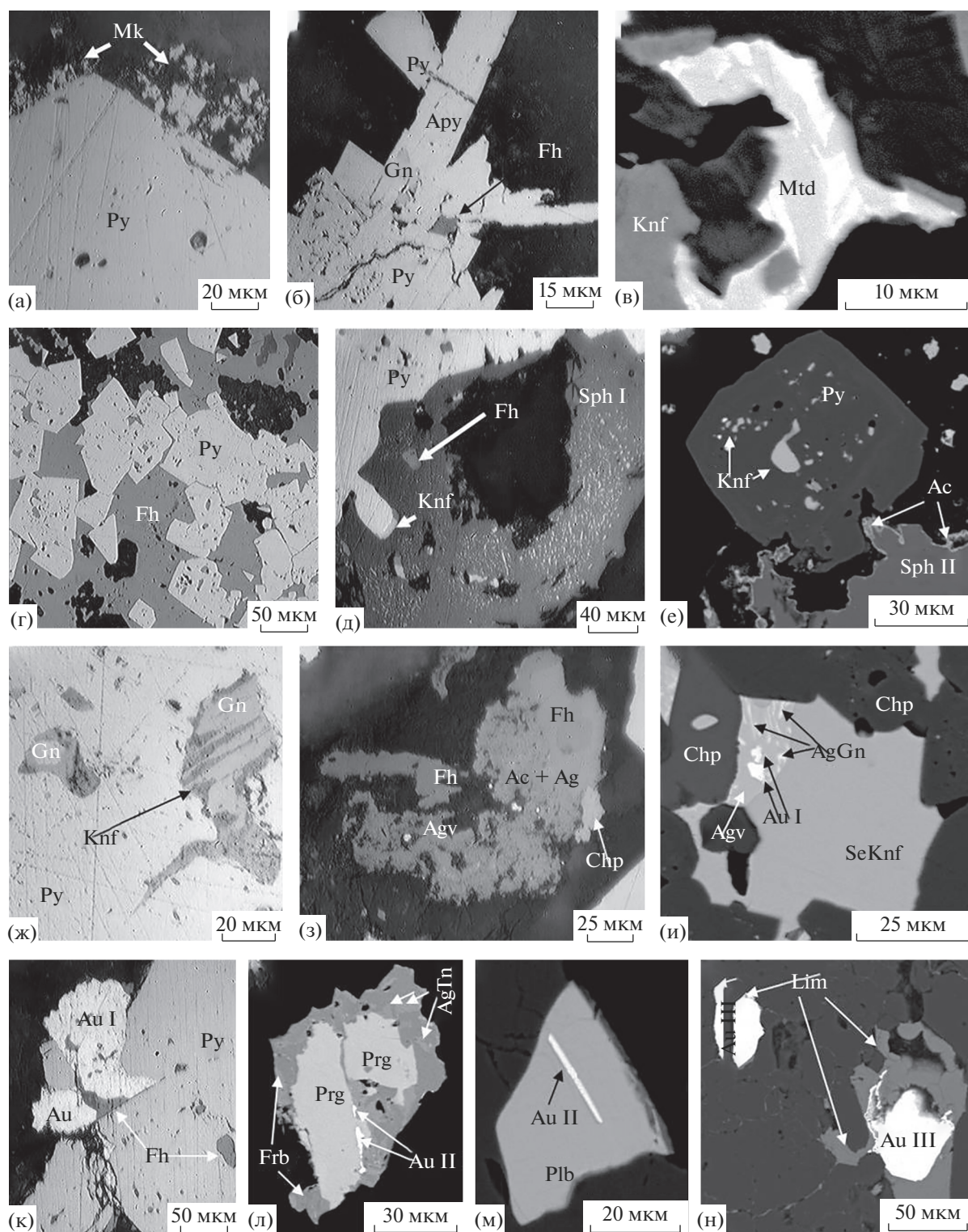


Рис. 6. Взаимоотношение рудных минералов на участке Невенреккан: а — обрастание пирита марказитом; б — взаимоотношение пирита, арсенопирита, галенита и блеклой руды; в — образование матильдита по краю канфилдита; г — ранний пирит, сцементированный блеклой рудой; д — срastание пирита и сфалерита I, содержащего включения канфилдита, блеклой руды и халькопирита; е — пустоты в пирите заполнены канфилдитом. Пирит корродируется сфалеритом II, по периферии которого развивается акантит; ж — включения галенита в пирите. Галенит по спайности и по периферии частично замещен канфилдитом; з — гнездовое обособление блеклых руд, халькопирита и агвиларита, частично замещенных акантитом. Включения в акантите самородного серебра; и — включение селеноканфилдита и агвиларита в халькопирите. Агвиларит, в свою очередь, содержит включения золота I и серебросодержащего галенита; к — золото I в срastании с пиритом и блеклой рудой; л — отложение золота II между зерен пираргирита и фрейбергита. В фрейбергите установлены включения аргентотеннантита; м — отложение золота II по микротрещине в полибазите; н — золото III в обрамлении гидроксидов железа, развитых по сульфидам.

Сокращения: Mk — марказит, Py — пирит, Apy — арсенопирит, Gn — галенит, Fh — блеклая руда, Knf — канфилдит, Mtd — матильдит, Sph — сфалерит, Agv — агвиларит, Chp — халькопирит, AgGn — серебросодержащий галенит, Prg — пираргирит, Frb — фрейбергит, AgTn — аргентотеннантит, Plb — полибазит, Ac — акантит, Ag — самородное серебро, Au — самородное золото, Lim — лимонит.

кальцита, а также рудной минерализации: кёстерит, сфалерит-2, серебросодержащий галенит, матильдит, канфилдит, селеноканфилдит (см. рис. 6в, д–ж, и).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты исследований показывают сходство геологии и вещественного состава месторождения Невенреккан с месторождением Карамкен (ОЧВП) [Некрасова, 1972; Еремин, 1974; Некрасов, 1990; Савва, 2018]. Сопоставляя аналоги месторождения Эвенского рудного района и ОЧВП (Сопка-Кварцевая, Дальнее, Орох, Ирбычан, Купол, Хаканджа) [Костырко и др., 1974; Умитбаев, 1986; Стружков, Константинов, 2005; Хомич и др., 1989; Кравцова, 2010; Савва, 2018] было выявлено отличие геологии и вещественного состава. Руды этих месторождений отличаются значительно меньшим количеством минеральных видов, их более простым химическим составом, количеством выделяемых стадий образования в их парагенетических ассоциациях. Наличие поздней, связанной с внедрением гранитоидов, рудно-магматической системы в пределах рудного поля месторождения (не более 0.5 км от вулканогенного оруденения), метасоматическая и геохимическая зональность, дает основание для выделения плутоногенного этапа, что отличает месторождение Невенреккан от других золото-серебряных объектов Эвенского рудного района. Аналог месторождения Невенреккан в пределах Удско-Мургаляского вулканогенного пояса — Нявленга [Волков и др., 1991; Стружков, Константинов, 2005; Савва, 2018]. “Гибридное” месторождение Au–Ag–Sn–W Чиротан в западной Индонезии тоже может быть отнесено к этой группе [Milési et al., 1994]. Мутновское месторождение Центрально-Камчатского вулканогенного пояса и месторождение Роговик Балыгычано-Сугойского прогиба также имеют раннее Au–Ag оруденение, но оруденение плутоногенного этапа представлено полиметаллической (с серебром) формацией руд [Петренко, 1999; Кравцова, 2015 и др.].

Предшественниками в отчете о разведке месторождения Невенреккан (Н.Г. Шаповалов,

1982 г.) при минералогическом изучении был описан родонит, авторами он не обнаружен, но предполагаем, его образование также связано с внедрением гранитоидных интрузий, с метаморфическим этапом. Родонит описан Н.Е. Саввой в рудах месторождений Дукал и Лунное Балыгычано-Сугойского прогиба, на месторождении Приморское как минерал скарнового происхождения [Савва, 2018; Савва и др., 2019].

Все эти месторождения располагаются вблизи пострудных, для Au–Ag оруденения, интрузий гранитоидов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По отношению к Невенрекканской просадке интрузии габбро, диоритов и гранодиоритов являются поздними (резургентными). С ними мы связываем Перекатненское интрузивно-купольное поднятие, которое хорошо выражено в рельефе и дешифрируется на космоснимках. Общий для Невенреккана и Перекатной структурный контроль Вархаламским разломом, геохимическая зональность указывают на парагенетические связи месторождений.

Месторождение Невенреккан относится к той же группе, к которой принадлежит месторождение Карамкен, одноименного рудного узла. Сюда же можно отнести Au–Ag–Sn–W “гибридное” месторождение Чиротан в Индонезии, месторождение Нявленга Удско-Мургаляского вулканогенного пояса. Эти объекты располагаются вблизи от гранитоидов редкометаллической геохимической специализации. Связанная с ними золото-редкометаллическая минерализация накладывалась на ранние золото-серебряные руды, что приводило к появлению в рудах оловосодержащих парагенезисов и нехарактерных для вулканогенного Au–Ag оруденения минеральных ассоциаций. Проявление этого влияния заключено в наложении зон рассеянной минерализации и метаморфизма, а в отдельных случаях проявляется в виде плутоногенных гидротермалитов. Геолого-структурной спецификой этих объектов является постоянное присутствие вблизи рудомещающих отрица-

тельных вулканоструктур дискордантных по отношению к ним интрузивно-купольных поднятий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность В.В. Акинину (СВКНИИ ДВО РАН), С.Ф. Петрову, Е.В. Алакину (ООО "ОЗРК"), Е.Е. Коловой (СВКНИИ ДВО РАН), А.П. Бороздину (ООО "ЛИМС"), О.Л. Галанкиной (ИГГД РАН) за содействие при выполнении данной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акинин В.В., Миллер Э.Л. Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. 2011. № 3. С. 249–290.
- Винокуров С.Ф., Коваленкер В.А., Сафонов Ю.Г., Керзин А.Л. Лантаноиды в кварцах эпитермальных золоторудных месторождений: распределение и генетическое значение // Геохимия. 1999. № 2. С. 171–180.
- Волков А.В., Шишакова Л.Н., Демин А.Г. Особенности прогрессивного рудообразования на золото-серебряном месторождении Нявленга // Докл. АН СССР. 1991. Т. 320. № 4. С. 934–940.
- Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бахарев А.Г., Колесниченко П.П., Зайцев А.И., Диман Е.Н., Бердников Н.В. Условия зарождения и эволюция гранитоидных золоторудно-магматических систем в мезозоидах Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. 196 с.
- Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 210 с.
- Горячев Н.А., Егоров В.Н., Савва Н.Е., Кузнецов В.М., Фомина М.И., Розжов П.Ю. Геология и металлогения фанерозойских комплексов юга Омолонского массива. Владивосток: Дальнаука, 2017. 312 с.
- Еремин Р.А. Гидротермальный метаморфизм и оруденение Арманской вулканоструктуры // Труды Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института АН СССР. Вып. 43. Новосибирск, 1974. 134 с.
- Животнев А.Я., Литовченко З.И. Структурная позиция Ирбычанского рудопоявления // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1977. Кн. 1. № 23. С. 162–167.
- Жуланова И.Л., Русакова Т.Б. Гранитоидные комплексы в складчатых зонах мезозойского к югу от Омолонского срединного массива: возраст и тектоника // Наука Северо-Востока России – начало века // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной памяти акад. К.В. Симакова и в честь его 70-летия. Магадан: СВНИЦ ДВО РАН, 2005. С. 82–86.
- Колова Е.Е., Савва Н.Е. Соотношение медно-молибден-порфирового и золотого оруденения на п-овах Кони и Пьягина (Северное Приохотье) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2008. № 4. С. 2–15.
- Костырко Н.А., Пляшкевич Л.Н., Болдырев М.В. Строе и вещественный состав рудных зон Эвенского рудного поля // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1974. № 21. С. 87–94.
- Котляр И.Н., Жуланова И.Л., Русакова Т.Б., Гагиева А.М. Изотопные системы магматических и метаморфических комплексов Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. 319 с.
- Котляр И.Н., Русакова Т.Б. Меловой магматизм и рудоносность Охотско-Чукотской области: геолого-геохронологическая корреляция. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 159 с.
- Кравцова Р.Г. Геохимия и условия формирования золото-серебряных рудообразующих систем Северного Приохотья. Новосибирск: Академическое издательство "Геос", 2010. 292 с.
- Кравцова Р.Г., Дриль С.И., Алмаз Я.А., Татарников С.А., Владимирова Т.А. Первые данные по Rb–Sr возрасту и изотопному составу золото-серебряных руд месторождения Дальнего (Эвенский рудный район, Северо-Восток России) // Докл. АН. 2009. Т. 428. № 2. С. 240–243.
- Кравцова Р.Г., Макшаков А.С., Павлова Л.А. Минералогия и состав, закономерности распределения и особенности формирования рудной минерализации золото-серебряного месторождения Роговик (Северо-Восток России) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 10. С. 1739–1759.
- Некрасов И.Я. О причинах совмещения оловянной, серебряной и золотой минерализации в месторождениях Тихоокеанского рудного пояса // Геология рудных месторождений. 1990. № 1. С. 98–104.
- Некрасова А.Н. Особенности минерального состава руд Карамкенского золото-серебряного месторождения // Геология рудных месторождений. 1972. № 3. С. 45–54.
- Николаев Ю.Н., Бакшеев И.А., Прокофьев В.Ю., Нагорная Е.В., Марущенко Л.И., Сидорина Ю.Н., Читалин А.Ф., Калько И.А. Au–Ag минерализация порфирово-эпитермальных систем Баимской зоны (Западная Чукотка, Россия) // Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58. № 4. С. 319–345.
- Ньюберри Р.Дж., Лейер П.У., Ганз П.Б., Гончаров В.И., Горячев Н.А., Ворошин С.В. Предварительный анализ хронологии мезозойского магматизма, тектоники и оруденения на Северо-Востоке России с учетом датировок $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и данных по рассеянным элементам изверженных и оруденелых пород // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики. Труды Всероссийского совещания. Магадан, 4–6 сентября 1997 г. Т. 1. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 181–205.
- Оловоносность Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (Геологическое районирование и закономерности размещения оруденения). М.: Недра, 1984. 184 с.
- Осипов А.П. Позднемезозойское тектоно-магматическое развитие западной части Охотско-Колымского водораздела. Новосибирск: Наука, 1975. 160 с.
- Петренко И.Д. Золото-серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Изд-во СПб. картографической фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 116 с.
- Русакова Т.Б. Меловой вулканизм Северо-Восточного Приохотья: новые данные // Вулканизм и геодинамика // Материалы III Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Улан-Удэ, 2006. С. 305–309.
- Савва Н.Е. Минералогия серебра Северо-Востока России // Северо-Восточное комплексное НИИ ДВО РАН. М.: Издательство Триумф, 2018. 544 с.
- Савва Н.Е., Брызгалова И.А., Тюкова Е.Э. Олово-порфировая формация Прикарамкенья // Вестник СВНИЦ ДВО РАН. 2009. № 4. С. 2–14.
- Савва Н.Е., Волков А.В., Сидоров А.А., Колова Е.Е., Муратов К.Ю. Эпитермальное Au–Ag месторождение

Приморское (Северо-Восток России): геологическое строение, минералого-геохимические особенности и условия рудообразования // Геология рудных месторождений. 2019. № 1. С. 52–74.

Сидоров А.А. Золото-серебряная формация Восточно-Азиатских вулканогенных поясов. Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1978. 350 с.

Сидоров А.А. Рудные формации и эволюционно-исторический анализ благороднометалльного оруденения. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 246 с.

Сидоров А.А., Волков А.В., Савва Н.Е. Вулканизм и эпitherмальные месторождения // Вулканология и сейсмология. 2015. № 6. С. 3–12.

Сидоров В.А., Волков А.В., Прокофьев В.Ю., Савва Н.Е. О “корнях” Au–Ag-эпitherмального оруденения на примере Пауковского рудного поля Детринского рудного района [Северо-Восток России] // Докл. АН. 2009. Т. 425. № 3. С. 361–366.

Стружков С.Ф., Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Научный мир, 2005. 320 с.

Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

Умитбаев Р.Б. Охотско-Чаунская металлогеническая провинция (строение, рудоносность, аналоги). М.: Наука, 1986. 287 с.

Хомич В.Г., Иванов В.В., Фатьянов И.И. Типизация золото-серебряного оруденения. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 292 с.

Шило Н.А., Гончаров В.И., Альшевский А.В., Ворцелнев В.В. Условия формирования золотого оруденения в структурах Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1988. 181 с.

Cole J.W., Milner D.M., Spinks K.D. Calderas and caldera structures // Earth-Science Reviews. 2005. V. 69. P. 1–26.

Corbett G.J., Leach T.M. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization // Special Publications of the Society of Economic Geologists. 1998. V. 6. P. 258.

Hu Z., Gao S. Upper crustal abundances of trace elements: A revision and update // Chem. Geol. 2008. V. 253. Iss. 3–4. P. 205–221.

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.

Milési J.P., Marcoux E., Nehlig P., Sunarya Y., Surandar A., Felenc J. Cirotan, West Java, Indonesia: A 1.7 Ma hybrid epithermal Au–Ag–Sn–W deposit // Econ. Geol. 1994. V. 89. P. 227–245.

Richards J.P., Kerrich R. The Porgera Gold Mine, Papua New Guinea: Magmatic Hydrothermal to Epithermal Evolution of an Alkaline-type Precious Metal Deposit // Economic Geology. 1993. V. 88. P. 1017–1052.

Sillitoe R.H. Relation of metal provinces in Western America to subduction of oceanic lithosphere // Bulletin Geological Society of America. 1972. V. 83. P. 813–818.

Sillitoe R.N., Halls C., Grant J.N. Porphyry tin deposits in Bolivia // Econ. Geol. 1975. V. 70. P. 913–927.

An Intrusive Stage Volcano-Structure and Au–Ag Mineralisation Development in the Nevenrekan Deposit as an Example (Magadan Region, Russia)

V. V. Priymenko^{1, *}, A. N. Glukhov^{1, **}, M. I. Fomina^{1, ***}, and T. I. Mikhaliysyna^{1, ****}

¹North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute of Far East Branch, of the Russian Academy of Science, Portovaya str., 16, Magadan, 685000 Russia

*e-mail: priymenkovladimir@gmail.com

**e-mail: gluhov76@list.ru

***e-mail: mif-74@yandex.ru

****e-mail: tim_66@mail.ru

Data on the geological and structural setting and ore composition of the Nevenrekan deposit are presented. Regional and local control factors of mineralization are highlighted. Ore bodies are confined to the conjugation of regional faults and annular breaks of volcanic subsidence. The geochemical zonality of the ore field is disturbed. The distribution features of geochemical zones in the deposit are shown. Structural-geological and geochemical data, as well as comparison data of Au–Ag deposits of the Okhotsk-Chukotska, Udsko-Murgalsky, Central-Kamchatka volcanogenic belts indicates that ore formation occurred in two stages. On the first – volcanogenic – epithermal Au–Ag mineralization was formed, on the second – plutogenic – intrusion-related gold system, manifested in epidotization and silicification of ore field rocks, in the metamorphism of volcanogenic mineralization. The presence of a late stage of mineral formation associated with granitoids distinguishes the Nevenrekan deposit from other Au–Ag deposits of the Evensky ore district and brings it closer to the Karamken, Nyavlenga and Cirotan deposits.

Keywords: Okhotsk-Chukotka volcanic belt, intrusion stage, epithermal deposit, Au–Ag deposit, Intrusion-related gold system, metamorphism