

РЕТРАКЦИЯ:

Дата ретракции: 15.06.2023

Причина ретракции: Иные нарушения публикационной этики

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с отзывом статьи автором для её переработки и внесения изменений в интерпретацию результатов, с целью переиздания публикации.

Научная статья

Original article

УДК 332

doi: 10.55186/2413046X_2023_8_4_189

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА КАМЧАТКЕ
РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ
GEOLOGICAL ASPECTS OF THE DISTRIBUTION OF ORE OBJECTS IN
КАМЧАТКА**



Алексеев Виктор Георгиевна, аспирант, ФГБУН Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук г. Петропавловск-Камчатский, эл.почта vika_romanovich1990@mail.ru

Alekseenko Victoria Georgievna, postgraduate student of the NIGTC FEB RAS Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail vika_romanovich1990@mail.ru

Аннотация. За последние 30 лет в пределах разновозрастных вулканических поясов Камчатки выявлено 10 месторождений и более 400 проявлений золото-серебряной формации, объединенных в 6 золоторудных районов: Пенжинский, Ичигин-Уннейваямский, Северо-Камчатский (Оссорский), Оганчинско-Козыревский (Центральная Камчатка), Восточная Камчатка, Южная Камчатка, что позволяет говорить о распределении здесь новой золотоносной провинции. Золото-серебряные

месторождения Камчатки слабо освещены в литературе, хотя обобщение результатов проведенных на них поисково-исследовательских работ неоднократно проводилось как камчатскими геологами, так и представителями различных научно-исследовательских институтов, в первую очередь ЦНИГРИ. Специфика Камчатки также заключается в пространственной близости золото-серебряных месторождений к областям активного вулканизма и современным гидротермальным системам (ГТС), которые служат прекрасными моделями-аналогами для изучения процессов формирования рудных полей, что делает Камчатку идеальным полигоном для изучения процессов подземного вулканогенного рудообразования и построения генетических моделей рудообразующих ГТС.

Abstract. Over the past 30 years, 10 deposits and more than 400 manifestations of the gold-silver formation have been identified within the different age volcanic belts of Kamchatka, united into 6 gold mining districts: Penzhinsky, Ichigin-Unneyvayamsky, North Kamchatka (Ossorsky), Oganchinsko-Kozyrevsky (Central Kamchatka), East Kamchatka, South Kamchatka, which allows us to talk about the allocation of a new gold province here. The gold and silver deposits of Kamchatka are poorly covered in the literature, although the generalization of the results of prospecting and exploration work carried out on them has been repeatedly carried out both by Kamchatka geologists and representatives of various research institutes, primarily TsNIGRI. The specificity of Kamchatka also lies in the spatial proximity of gold and silver deposits with areas of active volcanism and modern hydrothermal systems (GTS), which serve as excellent analog models for studying the processes of ore field formation, which makes Kamchatka an ideal testing ground for studying the processes of near-surface volcanogenic ore formation and building a genetic model of ore-forming GTS.

Ключевые слова: эпитермальная золотая минерализация, кипение, гидротермальная брекчия, электрум, возраст К-Ar, флюидные включения, физико-химическое состояние, Родниковое, Камчатка, Россия

Keywords: epithermal gold mineralization, boiling, hydrothermal brecciation, electrum, K-Ar age, fluid inclusion, physicochemical condition, Rodnikovoe, Kamchatka, Russia

Цель исследования: оценка влияния геолого-геоморфологических факторов на формирование месторождений золота.

Методология исследования: Теоретическую основу исследования составляют научные гипотезы и фундаментальные концепции, представленные в трудах зарубежных и отечественных ученых в сфере рудных объектах на Камчатке.

В ходе исследования широко применялись общенаучные методы познания, в частности, индукция, дедукция, научный, системный и структурно-функциональный подходы.

Результаты исследования: рекомендации автора неоднократно использовались как при выборе площадей для региональных исследований, так и при производстве геологоразведочных работ на конкретных объектах. Например, тематической группой под руководством автора была произведена переоценка Мутновского месторождения, ранее считавшегося забалансовым; доказан надрудный уровень эрозионного среза юго-западного сектора Тклаваямского рудного поля, что значительно увеличивает перспективы Аметистового месторождения.

Оригинальность и вклад автора (авторов): В этой статье мы документируем дополнительные характеристики месторождения Родниковое, включая стадию минерализации, гидротермальные изменения.

Полуостров Камчатка богат подземными ресурсами, представленными месторождениями золота, серебра, платины, цинка, свинца, ртути, алмазов, угля, газов и нефти.

Оценочные запасы в восьми эпитегрмальных месторождениях Au-Ag центральной и южной Камчатки превышают 320 т Au и 2000 тAg (Лизман и Округин, 1994; Патока и др., 1998; Степанов и др., 2001). Более 15 тAu и 25 ТОU было добыто в россыпных месторождениях в Южно-Камчатском районе и Ватинско-Вывенском секторе Корякско-Камчатского пояса, богатого ртутью, в северо-восточной части Камчатки.

Регион является частью дугообразно-желобчатой системы Центрально-Тихоокеанского пояса. Субдукция Тихоокеанской плиты под полуостровом Камчатка началась в позднем меловом периоде, связанном с миграцией магматической дуги на восток. В результате сформировались четыре вулканические цепи с северо-западным трендом: Охотско-Чукотская (поздний мел), Корякско-Западная Камчатка (палеоцен-эоцен), Центральная Камчатка (олигоцен-тмиоцен) и Восточная Камчатка (плиоцен - новейший период) [«Ресурсный потенциал Камчатки», 2018, стр. 66-78].

Настоящий район исследования расположен в Восточном Камчатском вулканическом поясе, где гидротермальная активность и связанная с ней рудная минерализация широко распространены и хорошо известны в Мутновско-Авачинской геотермальной зоне.

Месторождение Родниковое, расположенное на севере геотермальной зоны, состоит из типичных слабосульфидированных кварц-адуляриево-золото-серебряных жил. Самая крупная жила достигает 25 м в ширину. Предполагаемые запасы составляют 40,4 т Au (среднее содержание 11,3 г/т) и 343 т Ag (среднее содержание 95,8 г/т). Образец высокосортной Au-Ag руды (1347 г/т Au, 10 000 г/т Ag) с видимым содержанием золота был обнаружен в поверхностном желобе.

Месторождение золота «Родниковое», расположенное в действующей в настоящее время гидротермальной системе, расположенной к северу от Мутновско-Авачинской геотермальной зоны на юге Камчатки, Дальний Восток России, состоит из типичных слабосульфидированных кварц-адуляриевых жил во вмещающей породе диорите. Возраст минерализации был определен методом K-Ar как 0,9-1,1 млн. лет на основе данных adularia, собранных из жил. Типичными рудными минералами месторождения являются электрум, аргентит, агиларит, полибазит, пирсеит и ленайт. Доминирующими минералами изменения являются адулярий, α -кристобалит, хлорит, иллит и каолинит.

Гидротермальные растворы с нейтральным рН были ответственны за минерализацию, которая делится на шесть стадий, определенных тектоническими границами. Золотое оруденение происходило на стадиях I и III.

Гидротермальная брекчификация происходила на стадиях III, IV и VI. Стадии II, IV, V и VI были бесплодными. Расчетная температура рудообразования, основанная на исследовании флюидных включений, составляет от 150 до 250°C на глубине примерно на 170 м ниже уровня палео-грунтовых вод. Предполагается, что причиной периодического отложения золотой руды является кипение гидротермальных флюидов. Летучесть серы и кислорода при отложении ангидрита до гидротермальной брекчификации была выше, чем на стадиях золотого оруденения. Наличие в гидротермальной брекчии фрагментов высокосортных Au-Ag и полиметаллических руд позволяет предположить, что более высокая минерализация этих металлических руд могла произойти в более глубокой части месторождения [Петренко И.Д., 2018, стр. 43-44].

Помимо месторождения Родниковое, в Мутновско-Асачинской области известны Вилючинское, Мутновское и Асачинское месторождения. Вилючинское месторождение, сложенное плиоценовыми вулканогенно-пластическими породами, состоит из кварцевых жил, которые образовались в разломах, преимущественно простирающихся к Северо-западу и северо-западно-юго-Восточной Азии. Среднее содержание Au в Вилючинской руде составляет 10,3 г/т Au и 66 г/т Ag. Это месторождение расположено близко к месторождению Родниковое, но ориентация жил и минеральные комплексы отличаются.

Мутновско-Авачинская геотермальная зона расположена в 50-80 км к югу от Петропавловска-Камчатского. Этот район покрыт главным образом третичными и четвертичными вулканическими породами. Петренко сообщил, что вулканические породы на Южной Камчатке формировались в три стадии вулканизма: олигоцен-миоцен (андезит), поздний миоцен-плиоцен (базальт, андезит и риолит) и четвертичный период (базальт и андезит). Вдоль восточного побережья обнажаются

осадочные и вулканические породы от олигоцена до миоцена, а возраст магматических пород становится моложе ближе к востоку.

Подземные магматические породы, связанные с вулканизмом, представляют собой плутоны и дайки габбро, диорита и андезита миоценового-плиоценового возраста. Согласно Кирсанову, вулканическая активность Мутновского вулкана (2323 м) началась в позднем плейстоцене с последним фреатическим извержением, произошедшим в марте 2000 года.

Согласно тефрохронологическому исследованию, вулканическая активность вулкана Горелый (1829 м) началась в раннем плейстоцене, что привело к образованию четырех кратерных озер. Игнимбрит, исходящий из вулкана Горелый, в настоящее время занимает площадь около 600 км². Мощность залежи колеблется от 5 до 30 м на фланге и от 300 до 350 м по периферии [Петренко И.Д., 2019, стр.100-111].

Мутновское месторождение состоит из ряда третичных и четвертичных образований:

Осадочные и магматические породы от миоцена до плиоцена, плиоценовый дацит, риолит и риолитовый туф, а также вулканокластические породы от плиоцена до плейстоцена, габбро и диорит. Габбро и диорит связаны с минерализацией. Месторождение состоит из двух частей: южных полиметаллических жил Cu-Pb-Zn и северных Au-Ag кварцевые жилы.

Асачинское месторождение относится к олигоцену до Миоценовый андезит и позднемиоценовый-плиоценовый базальт, андезит и риолит, перекрытые плейстоценовым базальтом и андезитом. Минерализация относится к кварцево-адуляриевому типу, связанному с селенидами Au и Ag. Оценочные запасы руды составляют 1,30 млн. тонн с содержанием Au 30,4 г/т и Ag 58,5 г/т.

Месторождение Au-Ag Родникового кварц-адуляриевого жильного типа расположено в непосредственной близости от Вилючинских горячих источников. Месторождение содержит диорит, который, возможно, представляет собой субвулканический магматический очаг миоценового-плиоценового возраста.

Минерализация в жиле № 44 разделена на шесть стадий, определяемых тектоническими границами. Кроме того, подэтапы определяются границами роста на каждой стадии.

Минерализация золота происходит периодически на стадиях I и III. Образование гидротермальных брекчий происходит на стадиях III, IV и VI. Стадия II, состоящая из пирита и ангидрита, является бесплодной. Стадии IV и V представлены прожилками, пересекающими руды более ранних стадий. Стадия VI состоит из кальцита. Руды, собранные из обнажения жилы № 44 вблизи штольни Орт, показывают высокое содержание Au-Ag; основываясь на полевых данных и минеральных ассоциациях, они, вероятно, образовались на стадии III (обозначенной здесь как стадия III-n). Типичными рудными минералами в жиле № 44 являются электрум, аргентит-агиларит, полибазит-пирцеит твердый раствор, ленаит, пирит, халькопирит и сфалерит [Петренко И.Д., 2018, стр.173-176].

Основными породными минералами являются кварц, адулярия, кальцит и глинистые минералы. Адулярия, как правило, выпадает в осадок непосредственно до и после осаждения минералов, содержащих Au и Ag. Окремненные туфообразные породы обнаружены в виде фрагментов в брекчиях стадий III-f и III-k.

Предполагается, что жилка № 43 в траншее 7 состоит из III и VI стадий. Стадии III-α и III-β представляют собой высокосортную Au-Ag минерализацию, связанную с кварцем и адулярием, в то время как стадия III-γ характеризуется сфалеритом, пирит и кварц. Стадии III-β и III-γ встречаются только в виде фрагментов в брекчии стадии VI-ε. Некоторые фрагменты руды, включенные в стадию VI-ε в траншее 7, возможно, были извлечены из более глубокой части рудного тела.

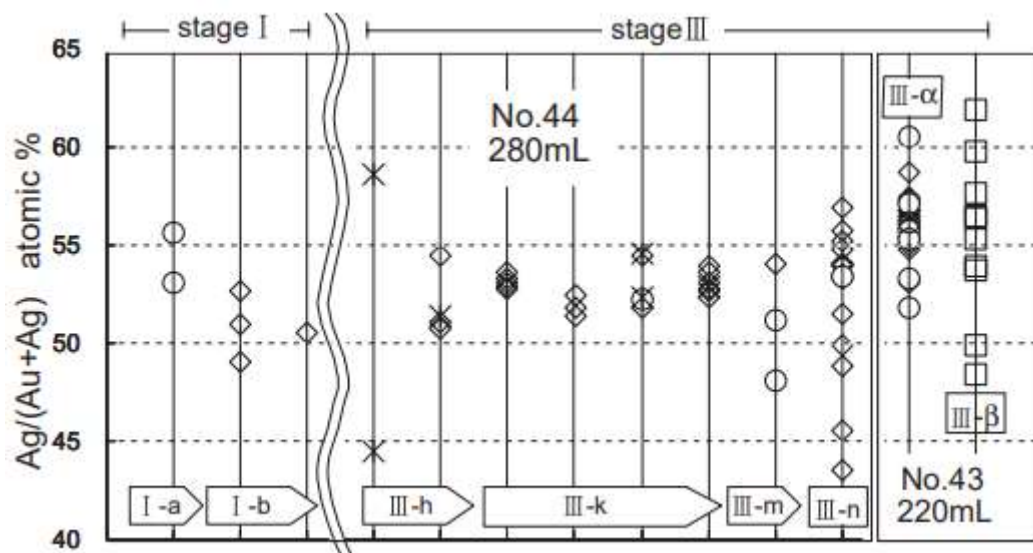


Рис. 1 Изменение состава электрума в зависимости от стадии минерализации

Каждый электрум сосуществует с аргентитом-агиляритом на каждой стадии. Символы указывают на совпадающие ассоциации следующим образом: ромбы (◊): изолированный электрум, круги (○): электрум в контакте с аргентитом-агиляритом, квадраты (□): электрум в контакте с большим количеством аргентит-агилярита и полибазит-пирсеита, кресты (×): электрум в контакте с аргентитом-агиляритом, полибазит-пирцеит, пирит, халькопирит и сфалерит

K-Ag-возраст адулярии указывает на стадии золотого оруденения на месторождении Родниковое от 1,1 до $0,9 \pm 0,1$ млн. лет. Диапазон температур и pH золотой минерализации были оценены как $150-250^\circ\text{C}$ и нейтральные, соответственно, что указывает на то, что $\text{Au}(\text{HS})_2$ - является доминирующей растворенной формой Au. Золоторудное тело образовалось примерно на 170 м ниже уровня палео-грунтовых вод. Периодическое выпадение золота может быть связано с кипением рудного флюида.

Гидротермальная брекчия, произошедшая во время гидротермальная активность осажденного золота связана с кипячением. Наличие фрагментов высокосортных Au-Ag и полиметаллических руд в гидротермальной брекчии позволяет предположить, что в более глубокой части этого месторождения

сформировалась высокосортная Au-Ag и/или полиметаллическая минерализация [Щепотьев Ю.М., 2020, стр.11-13].

Состав, масштабы и интенсивность проявления комплекса гидротермально измененных пород золото-серебряных месторождений Центральной и Южной Камчатки определяются геологической обстановкой нахождения месторождений, основными элементами которой являются рудовмещающие структуры и дорудные магматические образования.

Таким образом, рудниковое месторождение сформировано в пространственно-временной связи с андезит-диоритовой вулканоплутонической ассоциацией. Гидротермально измененные породы представлены дорудными пропилита эпидот-актинолитовой и эпидот-карбонат-хлоритовой фаций со следами проявленными на их фоне рассеянными турмалин-мусковитовыми изменениями. Рудовмещающие кварц-серицитовые метасоматиты образуют линейные зоны. Золотоносные жилы сопровождаются с рудными адуляр-кварц изменениями, имеющими ограниченное распространение.

Список источников

1. «Ресурсный потенциал Камчатки», разделы «Минерально-сырьевые ресурсы» и «Горнодобывающая промышленность», Камчатккнига, 2018, стр.66-78, 155-160.
2. Петренко И.Д. Основные структурные типы золото-серебряных месторождений в вулканических поясах Камчатки. Тезисы докладов Всесоюзного совещания «Геология и методы прогнозирования месторождений серебра в вулканических областях», т.2, Магадан, 2018 г., стр.43-44.
3. Петренко И.Д. О возрасте основной фазы рудной минерализации ЦентральноКамчатского вулканического пояса. В кн. «Геологическое строение и полезные ископаемые Камчатки», Петропавловск-Камчатский, 2018, стр. 173-176.
4. Петренко И.Д., Большаков Н.М. Структурная позиция и возраст золото-серебряного оруденения Южной Камчатки на примере Мутновского месторождения. Тихоокеанская геология, 2019, №5, с. 100-111.

5. Щепотьев Ю.М., Харченко Ю.И., Вартанян С.С., Петренко И.Д., Гузман Б.В., Фролов Ю.Ф. Геологические основы прогнозирования золото-серебряного оруденения Камчатки. Доклады школы передового опыта «Теоретические и методические основы прогноза, поисков и оценки золоторудных месторождений», ЦНИГРИ, 2020 г. стр.11-13.

6. Gold Deposits of Kamchatka. Metallogeny of the Pasific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of active continental Margins. Proceedings of the interim iagod conference, Vladivostok, 2018, p. 522-525.

References

1. "The resource potential of Kamchatka", sections "Mineral resources" and "Mining industry", Kamchatka Book, 2018, pp.66-78, 155-160.

2. Petrenko I.D. The main structural types of gold and silver deposits in the volcanic belts of Kamchatka. Abstracts of reports of the All-Union Meeting "Geology and methods of forecasting silver deposits in volcanic areas", vol. 2, Magadan, 2018, pp.43-44.

3. Petrenko I.D. On the age of the main phase of ore mineralization of the Central Kamchatka volcanic belt. In the book. "Geological structure and minerals of Kamchatka", Petropavlovsk-Kamchatsky, 2018, pp. 173-176.

4. Petrenko I.D., Bolshakov N.M. Structural position and age of gold-silver mineralization of Southern Kamchatka on the example of the Mutnovsky deposit. Pacific Geology, 2019, No. 5, pp. 100-111.

5. Shchepotyev Yu.M., Kharchenko Yu.I., Vartanyan S.S., Petrenko I.D., Guzman B.V., Frolov Yu.F. Geological foundations of forecasting gold and silver mineralization of Kamchatka. Reports of the School of Excellence "Theoretical and methodological foundations of forecasting, prospecting and evaluation of gold deposits", TsNIGRI, 2020, pp.11-13.

6. Gold Deposits of Kamchatka. Metallogeny of the Pasific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of active continental Margins. Proceedings of the interim iagod conference, Vladivostok, 2018, p. 522-525.

Московский экономический журнал. № 4. 2023

Moscow economic journal. № 4. 2023

Для цитирования: Алексеенко В.Г. Геологические аспекты распределения на Камчатке рудных объектов // Московский экономический журнал. 2023. № 4.

URL: <https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-4-2023-47/>

© Алексеенко В.Г., 2023. *Московский экономический журнал*, 2023, № 4.