

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Похиленко Н.П. Поисковая минералогия алмаза. Новосибирск: Гео, 2010. 650 с.
2. Бартошинский З.В. Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии // Геология и геофизика. 1961. № 6. С. 40—50.
3. Бартошинский З.В. Минералогическая классификация природных алмазов // Минералогич. журнал. 1983. Т. 5. № 5. С. 84—93.
4. Галимов Э.М. Вариации изотопного состава алмазов и связь их с условиями алмазообразования // Геохимия. 1984. № 8. С. 1091—1117.
5. Гневушев М.А., Бартошинский З.В. К морфологии якутских алмазов // Тр. ЯФ СО АН СССР. Сер. геол. 1959. Вып. 4. С. 74—92.
6. Граханов С.А., Коптиль В.И. Триасовые палеороссыпи алмазов северо-востока Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 11. С. 1191—1201.
7. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Алмазы Тунгусской алмазоносной субпровинции Сибирской платформы. Статья 1. Алмазы Байкинской области // Бюлл. МОИП. Сер. геол. 2002. Т. 77. Вып. 6. С. 63—77.
8. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
9. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Характеристика алмазов Тунгусской алмазоносной субпровинции Сибирской платформы. Статья 2. Южно-Тунгусская область // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2003. Т. 78. Вып. 1. С. 54—65.
10. Кухаренко А.А. Алмазы Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 515 с.
11. Леонов Б.Н., Прокопчук Б.И., Орлов Ю.Л. Алмазы Приленской области. М.: Наука, 1966. 277 с.
12. Метелкина М.П., Прокопчук Б.И., Суходольская О.В., Францессон Е.В. Докембрийские алмазоносные формации Мира. М.: Недра, 1976. 134 с.
13. Прокопчук Б.И. Зональность размещения алмазных россыпей на древних платформах // Минеральные месторождения. М.: Наука, 1976. С. 186—196.
14. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. 2-е изд. М.: Наука, 1984. 264 с.
15. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений. М.: Недра, 1998. 555 с.
16. Mitchell R.H. Kimberlite and related rocks — a critical reappraisal // J.Geol. 1970. V. 78. P. 686—704.
17. Nixon P.H. Kimberlitic volcanoes in East Africa // Overseas geol. Mineral. Res. 1973. N 41. P. 119—130.

REFERENCES

1. Afanasiev V.P., Zinchuk N.N., Pokhilenco N.P. *Prospecting mineralogy of diamond*. Novosibirsk, Geo Publ, 2010. 650 p. (In Russian).
2. Bartoshinsky Z.V. Comparative characteristics of diamonds from various diamondiferous regions of Western Yakutia. *Geology and geophysics*, 1961, no. 6, pp. 40—50. (In Russian).
3. Bartoshinsky Z.V. Mineralogical classification of natural diamonds. *Mineral. Journal*, 1983, v. 5, no. 5, pp. 84—93. (In Russian).
4. Galimov E.M. Variations of isotopic composition of diamonds and their relationship with conditions of diamond formation. *Geochemistry*, 1984, no. 8, pp. 1091—1117. (In Russian).
5. Gnevushev M.A., Bartoshinsky Z.V. To morphology of Yakutian diamonds. *Proceedings of SB YS of the USSR AS, Geol. series* 1959, no. 4, pp. 74—92. (In Russian).
6. Grakhanov S.A., Koptil V.I. Triassic paleoplacers of diamonds of the Siberian platform north-east. *Geology and geophysics*, 2003, v. 44, no. 11, pp. 1191—1201. (In Russian).
7. Zinchuk N.N., Koptil V.I. Diamonds of Tunguskaya diamondiferous sub-province of the Siberian platform. Article 1. Diamonds of Baikitskaya area. *Bull. MOIP. Geol. Series*, 2002, v. 77, no. 6, pp. 63—77. (In Russian).
8. Zinchuk N.N., Koptil V.I. *Typomorphism of diamonds of the Siberian platform*, 2003, 603 p. (In Russian).
9. Zinchuk N.N., Koptil V.I. Characteristics of diamonds of Tunguskaya diamondiferous sub-province of the Siberian platform. Article 2. South-Tunguskaya area. *Bull. MOIP. Geol. dep.*, 2003, v. 78, no. 1, pp. 54—65. (In Russian).
10. Kukharensky A.A. *Diamonds of the Urals*, M., 1955, 515 p. (In Russian).
11. Leonov B.N., Prokopchuk B.I., Orlov Y.L. *Diamonds of Trans-Lena area*, 1966, 277 p. (In Russian).
12. Metelkina M.P., Prokopchuk B.I., Sukhodolskaya O.V., Frantsesson E.V. *Precambrian diamondiferous formations of the World*. M., Nedra Publ, 1976, 134 p. (In Russian).
13. Prokopchuk B.I. Zoning of diamond placers allocation on ancient platforms. *Mineral deposits*, 1976, pp. 186—196. (In Russian).
14. Orlov Y.L. *Mineralogy of diamond*. 2nd ed. M., Nedra Publ, 1984, 264 p. (In Russian).
15. Kharkiv A.D., Zinchuk N.N., Kryuchkov A.I. *Geological-genetic fundamentals of heavy-concentrate mineralogical method of diamond deposits prospecting*. M., Nedra Publ, 1998, 555 p. (In Russian).
16. Mitchell R.H. Kimberlite and related rocks — a critical reappraisal. *J. Geol.*, 1970, V. 78. pp. 686—704.
17. Nixon P.H. Kimberlitic volcanoes in East Africa. *Overseas geol. Mineral. Res.*, 1973, no 41, pp. 119—130.

УДК 553.411:499

ЗОЛОТО И РТУТЬ В ПРОЦЕССАХ РУДООБРАЗОВАНИЯ НА КАМЧАТКЕ

В.А. СТЕПАНОВ

Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН
30, Северо-Восточное шоссе, г. Петропавловск-Камчатский 683002, Россия,
e-mail: vitstepanov@yandex.ru

Приведены основные черты различия и сходства физических и химических свойств золота и ртути, определяющие их поведение в природных процессах формирования месторождений обоих металлов на Камчатке. Показано, что различие свойств золота и ртути привело к появлению самостоятельных монометалльных месторождений, отличающихся по связи с интрузивными образованиями, глубине и температуре формирования руд. Сходство свойств указанных элементов определило появление минералов ртути на золоторудных и золота на ртутных месторождениях, а также к формированию комплексных золотортутных месторождений. Выделены четыре геолого-промышленных типа золотортутных месторождений: ноксвиллский, карлинский, кюсюский и хемлоский, включающих месторождения с крупными запасами золота как за рубежом, так и в России. Выявление золотортутных месторождений, в том числе за счёт ревизии ртутных рудопроявлений и месторождений Камчатки на золото, приведёт к укреплению минерально-сырьевой базы золота этого региона.

Ключевые слова: золото; ртуть; месторождение; рудная формация.

GOLD AND MERCURY IN THE PROCESSES OF ORE FORMATION IN KAMCHATKA

V.A. STEPANOV

*Geotechnological Scientific Research Center, FEB RAS
30, Severo-Vostochnoye Shosse, Petropavlovsk-Kamchatsky 683002, Russia
e-mail: vitstepanov@yandex.ru*

The main features of the difference and similarity of the physical and chemical properties of gold and mercury have been given, which determine their behavior in the natural processes of formation of deposits of both metals in Kamchatka. It has been shown that the difference in the properties of gold and mercury led to the emergence of independent monometallic deposits, differing in connection with intrusive formations, in depth and temperature of ore formation. The similarity of the properties of these elements determined the appearance of mercury minerals on gold ore deposits and gold in mercury deposits, as well as the formation of complex gold-mercury deposits. Four geological-industrial types of gold-mercury deposits have been distinguished: the Knoxville, the Carlin, the Kyuchus and the Chemlian ones, which include deposits with large gold reserves both abroad and in Russia. The identification of gold deposits, including through the revision of mercury ore occurrences and deposits of Kamchatka for gold presence, will strengthen the mineral resources base of gold in this region.

Keywords: gold; mercury; deposit; ore formation.

На Камчатке присутствуют наиболее многочисленные месторождения золота и ртути (рисунок). Наибольший промышленный интерес представляют золоторудные месторождения вулканогенной золотосеребряной формации (Сергеевское, Аметистовое, Озерновское, Агинское, Бараньевское, Сухариковские Гребни, Золотое, Родниковое, Мутновское и Асачинское). Гораздо меньшее значение имеют небольшие россыпи золота. Из ртутных месторождений преобладают представители телетермальной кварц-диккитовой формации (Ясное, Озерное, Ляпнагай, Нептун, Тавена, Красная Горка и Олюторское).

К вулканогенной алунит-опалитовой формации относится ртутное Чемпуринское месторождение. Лиственитовый тип представлен оруденением горы Туманной на о. Карагинском. Ртутная и в меньшей степени золотая минерализации отмечаются и в отложениях термальных источников (Апальские источники, Долина Гейзеров, источники кратера Узон и др.).

На золотосеребряных месторождениях (Оганчинское, Бараньевское, Агинское и др.) нередко отмечается примесь ртути, достигающая на отдельных месторождениях промышленных величин. В свою очередь в рудах ртутных месторождений отмечается присутствие золота, достигающее на Чемпуринском месторождении промышленных величин. Кроме того, имеются месторождения (Гитко-юлин) и проявления комплексных золотортутных руд, относящихся к золотортутной формации. Это вызывает интерес к физико-химическим свойствам золота и ртути, определяющим их участие в процессе рудообразования.

Строение атомов соседних по шестому периоду таблицы Д.И. Менделеева элементов № 79 (золото) и 80 (ртуть) сходное. Электронная конфигурация ртути отличается от золота наличием одного лиш-

него протона в ядре и электрона на внешней s -орбитали. Как нечетный элемент золото имеет один стабильный природный изотоп ^{197}Au , искусственно полученных радиоактивных изотопов около 30 [6]. В отличие от золота природная ртуть состоит из семи стабильных и небольшого числа радиоактивных изотопов. Стабильными являются семь изотопов (встречаемость в %): ^{196}Hg (0,146), ^{198}Hg (10,02), ^{199}Hg (16,84), ^{200}Hg (23,13), ^{201}Hg (13,22), ^{202}Hg (29,80), ^{204}Hg (6,85) [21]. Из радиоактивных наиболее интересен изотоп ^{197}Hg , хотя содержание его в природной смеси невелико — 0,1% [2], по другим данным 0,0037% [12]. Он нестабилен и по реакции электронного захвата превращается в стабильный изотоп ^{197}Au . Реакция происходит изомерически и сравнительно быстро с двумя периодами полураспада — 24 и 65 ч [8]. Это позволяет предположить, что в природе золото или часть его является продуктом эволюции ртути как элемента [15]. Такое превращение элементов не является уникальным. Например, подобная реакция электронного захвата привела к образованию всего аргона в воздухе за счёт радиоактивного изотопа ^{40}K .

По физическим и химическим свойствам рассматриваемые элементы имеют как общие черты, так и существенные различия. Общеизвестно, что золото — это тугоплавкий, чрезвычайно пластичный и ковкий металл желтого цвета. В отличие от него серебристого цвета ртуть — это необычный жидкий при нормальной температуре металл. Твёрдым, пластичным и ковким он становится только при температуре -39°C и ниже. Подвижность ртути и её паров общеизвестны. А.А. Сауков писал, что если бы в природе не было наряду с процессами образования самородной ртути также и процессов её испарения, то самородное состояние ртути в природе было бы более обычным, чем для золота и серебра [11].

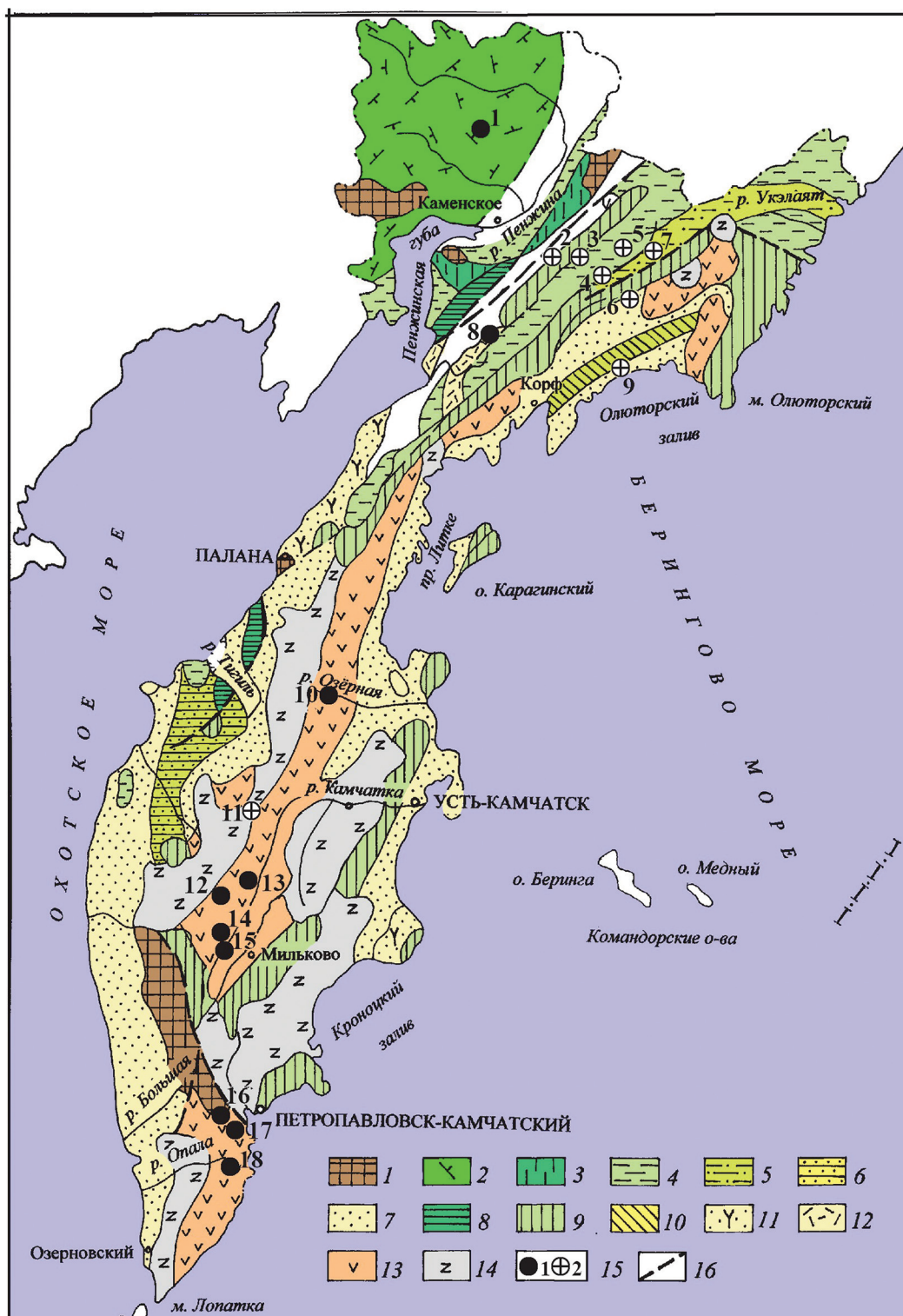


Схема размещения золотого и ртутного оруднения Камчатки: 1 – метаморфические образования докембрия и палеозоя; 2 – меловые вулканиды и интрузии Охотско-Чукотского пояса; 3–7 – терригенные отложения, 3 – нижнемеловые, 4 – верхнемеловые, 5 – верхнемеловые-палеогеновые, 6 – палеогеновые, 7 – олигоцен-миоценовые, 8–11 – подводно-вулканогенные отложения, 8 – нижнемеловые, 9 – верхнемеловые, 10 – палеогеновые, 11 – олигоцен-нижнемиоценовые, 12–14 – наземные вулканиды: 12 – олигоцен-нижнемиоценовые риолит-дацитового состава, 13 – неогеновые андезиты, 14 – четвертичные базальты, 15 – рудные месторождения и их номера: 1 – золоторудные (1 – Сергеевское, 8 – Аметистовое, 10 – Озерновское, 12 – Агинское, 13 – Сушариковские Гребни, 14 – Бараньевское, 15 – Золотое), 2 – ртутные (2 – Ясное, 3 – Озёрное, 4 – Ляпнагайское, 5 – Нептун, 6 – Тавена, 7 – Красная Горка, 9 – Олюторское, 11 – Чемпуринское), 16 – разломы

При всём различии свойств золото и ртуть легко соединяются, образуя амальгамы и ртутистое золото. Амальгамами называют ртуть с растворённым золотом, соединения обоих металлов, а также суспензию захваченных ртутью целиком (за счёт смачивания или взаимной диффузии) частиц золота. Согласно работам И.Н. Плассина, растворимость золота в ртути, незначительна при 24 °С (0,13 ат. %). С увеличением температуры она быстро увеличивается и при 250 °С достигает 17,6%. В свою очередь максимальная растворимость ртути в золоте в твёрдом состоянии составляет 19,8% (при температуре 419 °С). При снижении температуры до 24 °С она уменьшается до 16,7%. Соединения этих металлов отвечают формулам AuHg_2 , Au_2Hg и Au_3Hg [10].

Различия свойств золота и ртути приводят к формированию эндогенных месторождений этих металлов в неодинаковых геологических обстановках. Большой части эндогенных золоторудных месторождений свойственен гидротермальный генезис. Образование их связано с отложением минерального вещества горячими газодонными растворами. Золоторудные месторождения часто имеют определённую связь с интрузивными или вулканическими комплексами и были сформированы в широком интервале глубин — от значительных и средних до близповерхностных. Парагенетическая связь месторождений с магматическими образованиями позволила выделить три класса гидротермальных месторождений: плутоногенный, вулканоногенный и амагматоногенный или телетермальный [13]. Золоторудные месторождения принадлежат главным образом к первым двум классам. Некоторые преимущественно небольшие месторождения золота имеют скарновое происхождение и возникают в процессе метасоматоза в области контакта остывающих массивов магматических пород с карбонатными толщами.

По устойчивым минеральным ассоциациям и близким геологическим условиям рудообразования гидротермальные золоторудные месторождения объединены в ряд формаций. Среди них наиболее выделяются золотокварцевая, золотосульфидно-кварцевая и золотосульфидная формации плутононогенного класса. В вулканоногенном классе преобладает близповерхностная золотосеребряная формация. На Камчатке присутствуют преимущественно вулканоногенные золотосеребряные месторождения, редко встречаются проявления золотокварцевой и золотосульфидно-кварцевой формаций.

Возраст формирования золоторудных месторождений достаточно широк от архея и протерозоя до мезозоя и кайнозоя. Отмечается дискретность в формировании золоторудных месторождений в архее и фанерозое [3]. Наиболее древним является позднеархейский цикл формирования золотосульфидно-кварцевых месторождений в зеленокамен-

ных поясах в интервале 2700—2600 млн. лет. К этому же циклу относится образование самого крупного месторождения золота Витватерсранд, залегающего в конгломератах. Для протерозойского этапа рудообразования наиболее характерно месторождение Хоумстейк (1600 млн. лет). Раннегерцинский этап представлен месторождениями Бендига (Австралия), а также Васильковское (Казахстан). К позднегерцинскому циклу отнесены золотокварцевые (Мурунтау и др.), а также золотосульфидные (Кумтор, Кокпатас) и золотосеребряные (Кочбулак, Кубака) месторождения. Позднеюрский-позднемеловой цикл широко проявлен на Востоке России (золотокварцевое месторождение Наталка, золотосульфидно-кварцевое Пионер, золотосульфидные Майское и Маломыр, золотосеребряные Покровское и Балей). В кайнозойском цикле, захватывающем и антропоносовый период, наиболее широко проявлены близповерхностные золотосеребряные месторождения, особенно на Камчатке. Возраст камчатских вулканоногенных золото-серебряных месторождений колеблется от 0,7 до 41,4 млн. лет [9].

Ртутные месторождения по геологическим условиям, в том числе по отношению к магматизму и глубинности формирования руд, отнесены к двум классам гидротермальной группы: вулканоногенному и амагматоногенному или телетермальному [7, 13]. Скарновые месторождения ртути отсутствуют. Преобладающее число ртутных месторождений принадлежит телетермальному классу, главным отличием которого является слабая связь или отсутствие связи с магматическими образованиями, близповерхностный уровень и низкая температура рудообразования. Среди промышленных типов ртутных месторождений в вулканоногенном классе выделяются карбонатно-полиаргилитовый, алуни-опалитовый и травертиновый типы, а в телетермальном — кварц-диккитовый, джаспероидный, карбонатный и листовенитовый [7]. Месторождения и проявления ртути Камчатки в большинстве своём относятся к телетермальному кварц-диккитовому типу, в меньшей степени — к листовенитовому. Чемпуринское месторождение относится к алуни-опалитовому типу вулканоногенного класса.

По возрасту ртутные месторождения значительно моложе золоторудных. Некоторые из них были сформированы в позднегерцинскую эпоху, каледонских и более древних месторождений ртути не установлено. Но подавляющее число ртутных месторождений размещается в пределах мезокайнозойских складчатых областей и вулканических поясов и имеет мезокайнозойский, главным образом третичный и четвертичный, возраст. Месторождения ртути Камчатки относятся к третичным и четвертичным. Ртутная минерализация отмечается и в травертинах современных геотермальных источников Камчатки.

Некоторые общие особенности рассматриваемых элементов привели к появлению минералов ртути на золоторудных, золота на ртутных месторождениях, а также к формированию комплексных золотортутных месторождений.

Появление основного минерала ртути — киновари фиксируется на многих золоторудных месторождениях. Чаще всего она отмечается на месторождениях вулканогенной, реже плутогенной группы. Часто ртуть концентрируется в самородном золоте. Содержания её в золоте обычно составляют десятые доли процента, но иногда достигают нескольких процентов. Встречаются и амальгамы золота [19].

В значительных количествах ртуть содержится в самородном золоте самого крупного в мире месторождения золота Витватерсранд. Содержание её в золоте месторождения Карбон-Лидер-Рифт и других рудниках Витватерсранда меняется в пределах 1,2—5,9% [25]. Поскольку из этого месторождения добыто порядка 50 тыс. т золота, то попутное количество ртути, заключенной в золоте, можно оценить в 1,5—2,0 тыс. т.

Примесь ртути в золоторудных месторождениях нередко встречается даже на уровне промышленных величин (более 0,03%). Но высокие содержания её в рудах иногда замалчиваются ввиду токсичности паров ртути, что требует усложнения процесса извлечения золота. Например, на месторождениях карлинского типа или на Олимпиадинском месторождении [1].

В свою очередь золото также нередко отмечается в рудах ртутных месторождений. Главным образом это самородное золото, реже повышенное содержание золота присутствует в киновари, совсем редко — примесь золота в самородной ртути. Например, содержание золота в ряде ртутных месторождений Северо-Востока России достигает 1,3 г/т [4]. Содержание золота в киновари и самородной ртути изучалось на Ланском ртутном месторождении Хабаровского края. В киновари содержание золота составляет 1,27—13 г/т, а в самородной ртути 335 г/т [16]. Необходимо отметить, что наличие даже промышленных содержаний золота в ртутных рудах не всегда положительно воспринимается рудничными геологами, нередко оно игнорируется ими или относится к вредным примесям [19].

Но наиболее яркими примерами совместного нахождения промышленных содержаний золота и ртути являются комплексные золото-ртутные месторождения. К ним отнесены месторождения, из которых добывают как золото, так и ртуть.

Наиболее известны месторождения джаспероидного (карлинского) типа, присутствующие в США, многие из них являются крупными по запасам золота. Попутная добыча ртути из этих месторождений в 90-х гг. XX в. закрывала всю потребность США в этом металле [21].

Другим примером месторождений этой группы служит месторождение листовитового типа Нью-Идрия (США). Оно было отработано на ртуть с 1953 по 1972 г. Добыто 17250 т ртути при среднем ее содержании 0,3%. Через несколько лет выяснилось, что в хвостах переработанной руды (7 млн. т) содержится 36 т золота с содержанием 5,1 г/т. В 1981 г. компания «Идрия Ленд Девелопмент» приступила к добыче золота из хвостов этого месторождения, что подтверждает его принадлежность к золотортутному [24].

Об успешной ревизии ртутных месторождений на золото свидетельствуют данные по хорошо известному месторождению листовитового типа Ноксвилл (США). Оно отрабатывалось на ртуть более 100 лет (добыто около 4250 т). Однако золото в нём ранее не добывалось, так как его невозможно было выявить промывкой лотком или увидеть невооруженным глазом. Но в марте 1985 г. при отработке на золото этого считавшегося ртутным месторождении получены первые слитки золота, а общие запасы благородного металла оцениваются в 100 т [22].

Эти и другие примеры привели к необходимости ревизии ряда ртутных месторождений, в том числе и на Камчатке, на золото [18]. В России выявлены и разведаны золотортутные и ртутьсодержащие золоторудные месторождения Кючюс (Якутия), Воронцовское (Урал), Олимпиадинское (Красноярский край). Попутная добыча ртути зачастую носит вынужденный характер и редко афишируется ввиду токсичности паров ртути [1].

Золотортутные месторождения занимают вполне определённую нишу между собственно золоторудными с одной стороны и ртутными с другой. Они обладают сходными по составу устойчивыми ассоциациями минералов золота, ртути, сурьмы, мышьяка и таллия и располагаются в близповерхностных, часто амагматических геологических обстановках. Это позволило нам выделить золотортутную рудную формацию [14]. Ранее этот термин употреблялся И.Г. Магакьяном в отношении существенно других комплексных золотосеребромедно-ртутных месторождений вулканогенной группы в Чили [5].

В зависимости от геологического строения золотортутных месторождений, морфологии рудных тел, состава руд и окорудных метасоматитов в пределах формации выделены четыре геолого-промышленных типа: ноксвиллский (месторождения Ноксвилл, Нью-Идрия — США), карлинский (Карлин, Кортес, Меркур — США, Куранах, Воронцовское, Тас-Юрх — Россия), кючюсский (Кючюс — Россия, Голд-Кворри — США) и хемлоский (Хемло — Канада, Олимпиадинское — Россия).

В состав устойчивой входит минеральная ассоциация высокопробного ртутистого золота с минералами ртути, мышьяка, сурьмы и таллия. Геохи-

мический спектр руд составляют золото, ртуть, мышьяк, сурьма и таллий при положительной связи золота с ртутью и высоким золото-серебряном отношении. Рудные тела представлены преимущественно зонами и залежами вкрапленных руд, состоящих из рудоносных метасоматитов аргиллизитовой и лиственитовой формаций, доля жильной кварцевой или карбонатной составляющей невелика. Месторождения золотортутной формации возникали в близповерхностной части зон глубинных или региональных разломов, часто без явного участия потенциально рудоносных магматических систем. Генезис месторождений гидротермальный, с глубинным источником основных рудных компонентов и температурой формирования руд в интервале 250—150 °С. Уровень глубины рудообразования оценивается в 500—1500 м. В группе гидротермальных рудных месторождений золотортутные обычно являются представителями телетермального класса [19].

На Камчатке наибольший интерес на выявление комплексных золотортутных руд имеют ртутные месторождения кварц-диккитового типа и рудопроявления лиственитового типа. Среди них выделяются объекты, содержащие золото или

минералы-спутники золотого оруденения в близповерхностных условиях — антимонит, реальгар, аурипигмент и др. К ним относятся ртутные кварц-диккитовые месторождения Олюторское, Ляпнагай, Нептун и Тавена. На выявление золотортутного месторождения лиственитового типа перспективно рудопроявление горы Туманная на о. Карагинском.

Заключение

Особенности физико-химических свойств золота и ртути привели к формированию не только ртутьсодержащих золоторудных и золотосодержащих ртутных, но и комплексных золотортутных месторождений. В пределах золотортутной формации выделены четыре геолого-промышленных типа: ноксвиллский, карлинский, кючюсский и хемлоский, включающие месторождения с крупными запасами золота как за рубежом, так и в России. Выявление золотортутных месторождений, в том числе и за счёт ревизии ртутных рудопроявлений и месторождений Камчатки на золото, приведёт к укреплению минерально-сырьевой базы золота этого региона России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернатонис П.В. Зона окисления Олимпиадинского прожилково-вкрапленного золото-сульфидного месторождения. Автореф. канд. дис. ... геол. мин. наук. Томск, 1999. 19 с.
2. Гладышев В.П., Левицкая С.А., Филиппова Л.М. Аналитическая химия ртути. М.: Наука, 1974. 116 с.
3. Константинов М.М. Золоторудные провинции мира. М.: Научный мир, 2006. 358 с.
4. Копытин В.И., Степанов В.А., Берман Ю.С. Золотосодержащие ртутные месторождения Северо-Востока // Колыма. 1984, № 8. С. 31—34.
5. Магакьян И.Г. Рудные месторождения. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 335 с.
6. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Золото. М.: Металлургия, 1979. 288 с.
7. Металлогения ртути / Под ред. В.И. Смирнова, В.А. Кузнецова, В.П. Федорчука. М.: Недра, 1976. 255 с.
8. Некрасов Б.В. Основы общей химии: в 2-х томах. М.: Химия, 1974. Т. 2. 688 с.
9. Округин В.М. Новые данные о возрасте и генезисе эпитептермальных месторождений зоны перехода континент-океан // Геодинамика, магматизм и минерализация континентальных окраин Севера Пацифики. Т. 3. Магадан, 2002. С. 36—40.
10. Плаксин И.Н. Система золото-ртуть // Изв. СФХА. 1938. № 10. С. 129—159.
11. Сауков А.А. Геохимия ртути // Труды ИГН АН СССР. 1946. Вып. 76. 128 с.
12. Селинов И.П. Изотопы. М.: Наука, 1970. Т. 1, 2. 1232 с.
13. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1976. 688 с.
14. Степанов В.А. Золото-ртутные месторождения, основы их прогноза и поисков. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М.: ЦНИГРИ, 1992. 46 с.
15. Степанов В.А. Золото — побочный продукт эволюции ртути как элемента // Международный симпозиум по прикладной геохимии стран СНГ. М., 1997. С. 264—265.
16. Степанов В.А. Геология золота, серебра и ртути. Ч. 2. Золото и ртуть Приамурской провинции. Владивосток: Дальнаука, 2000. 161 с.
17. Степанов В.А., Берзон Р.О., Никольская С.Б. Золото-ртутные месторождения мира. М.: ВИЭМС, 1988. 52 с.
18. Степанов В.А., Берзон Р.О. Выявление золото-ртутных руд на ртутных месторождениях // Разведка и охрана недр. 1985. № 2. С. 27—29.
19. Степанов В.А., Моисеенко В.Г. Геология золота, серебра и ртути. Ч. 1. Золото-ртутные месторождения. Владивосток: Дальнаука, 1993. 228 с.
20. Степанов В.А., Моисеенко В.Г., Мельников А.В. Уникальный рудно-россыпной район Приамурья с высокортутным золотом // Докл. РАН. 2017. Т. 472, № 6. С. 681—685.
21. Bainbridge K.T., Nier A.O. Relative isotopic abundances of the elements // Prelim Report Nuclear Ser. Washington, 1950. P. 9—12.
22. Burnett J.L. A new type of lode gold deposit, the McLaughlin Mine, Napa, Yolo and Lake counties // Calif. Geol. 1986. V. 39. N 1. P. 15—16.
23. Lawrence Bruce J. Mercury historical low for 1990 // Eng. And Mining J. 1991. Vol. 192. N 3. P. 27—35.
24. New Idria becomes gold recovery operation // Skill. Mining Rev. 1982. V. 71. P. 17.
25. Oberthur T., Saager R. Silver and mercury in gold particles from proterozoic Witwatersrand placer deposits of South Africa: metallogenic and geochemical implication // Econ. Geol. 1986. V. 81. N 1. P. 20—31.

REFERENCES

1. Bernatonis P.V. *Oxidation zone of the Olimpiadninskogo vein-disseminated gold-sulphide deposit*. Avtoref. Doct. Diss. Tomsk, 1999, 19 p. (In Russian).
2. Gladyshev V.P., Levickaya S.A., Filippova L.M. *Analytical chemistry of mercury*. M., Nauka Publ., 1974, 116 p. (in Russian).
3. Konstantinov M.M. *Gold ore provinces of the world*. M., Scientific world Publ, 2006, 358 p. (In Russian).

4. Kopytin V.I., Stepanov V.A., Berman YU.S. Gold content of mercury deposits in the Northeast. *Kolyma*, 1984, no 8, pp. 31–34. (In Russian).
5. Magak'yan I.G. *Ore deposits*. M., Gosgeoltekhizdat Publ., 1955, 335 p. (In Russian).
6. Malyshev V.M., Rumyantsev D.V. *Gold*. M., Metallurgy Publ., 1979, 288 p. (In Russian).
7. *Metallogeny of mercury*. (Ed. by V.I. Smirnov, V.A. Kuznecov, V.P. Fedorchuk). M., Nedra Publ., 1976, 255 p. (In Russian).
8. Nekrasov B.V. *Fundamentals of General Chemistry: in 2 volumes*. M., Chemistry Publ, V. 2, 688 p. (In Russian).
9. Okrugin V.M. New data on the age and genesis of epithermal deposits of the continent-ocean transition zone. *Theses of the meeting. Geodynamics, magmatism and mineralogy of the continental margins of the North Pacific*, V. 3, Magadan Publ., 2002, pp. 36–40. (In Russian).
10. Plaksin I.N. Gold-mercury system. *Izvestiya, SFHA*, 1938, no 10, pp. 129–159. (In Russian).
11. Saukov A.A. *Geochemistry of mercury*. M., Publ. IGN AN SSSR, 1946, V. 76, 128 p. (In Russian).
12. Selinov I.P. *Isotopes*. M., Nauka Publ., 1970, V. 1–2, 1232 p. (In Russian).
13. Smirnov V.I. *Geology of deposits*. M., Nedra Publ., 1976, 688 p. (In Russian).
14. Stepanov V.A. *Gold-mercury deposits, the basics of their forecast and search*. Avtoref. Doct. Diss., M., Publ. CNIGRI, 1992, 46 p. (In Russian).
15. Stepanov V.A. Gold is a by-product of the evolution of mercury as an element. *Theses of International Symposium on Applied Geochemistry of CIS Countries*. M., 1997, pp. 264–265. (In Russian).
16. Stepanov V.A. *Geology of gold, silver and mercury*. P. 2. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2000, 161 p. (In Russian).
17. Stepanov V.A., Berzon R.O., Nikol'skaya S.B. *Gold and mercury deposits of the world*. M., VIEMS Publ., 1988, 52 p. (In Russian).
18. Stepanov V.A., Berzon R.O. Identification of gold-mercury ores in mercury deposits. *Exploration and protection of mineral resources*, 1985, no 2, pp. 27–29. (In Russian).
19. Stepanov V.A., Moiseenko V.G. *Geology of gold, silver and mercury*. P. 1. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 1993, 228 p. (In Russian).
20. Stepanov V.A., Moiseenko V.G., Mel'nikov A.V. A unique ore-placer region of the Priamurye region with high mercury gold. *Dokl. RAS*, 2017, V. 472, no 6, pp. 681–685. (In Russian).
21. Bainbridg K. T., Nier A.O. *Relative isotopic abundances of the elements. Prelim Report Nuclear Ser.* Washington, 1950, pp. 9–12.
22. Burnett J.L. A new tipe of lode gold deposit, the McLaughlin Mine, Napa, Yolo and Lake counties. *Calif. Geol.* 1986, v. 39, no 1, pp. 15–16.
23. Lawrence Bruce J. Mercury historical low for 1990. *Eng. And Mining J.* 1991, v. 192, no 3, pp. 27–35.
24. New Idria becomes gold recovery operation. *Skill. Mining Rev.* 1982, v. 71, p. 17.
25. Oberthur T., Saager R. Silver and mercury in gold particles from proterozoic Witwatersrand placer deposits of South Africa: metallogenic and geochemical implication, *Econ. Geol.*, 1986, v. 81, no 1, pp. 20–31.