



УДК 553.3/.4:553.2

В. М. Округин^{1,2}, А. У. Ким², С. В. Москалёва^{1,2},
А. М. Округина¹, В. М. Чубаров¹, Д. Ф. Агаськин^{1,2}

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: okrugin@kscnet.ru

² Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,
Петропавловск-Камчатский

О рудах Асачинского золото-серебряного месторождения (Южная Камчатка)

Асачинское месторождение, открытое в 1973 г., принадлежит к числу наиболее крупных и сравнительно хорошо изученных золото-серебряных объектов Камчатского края [1, 5, 6, 9]. В октябре 2011 г. оно введено в эксплуатацию и Асачинский ГОК стал вторым горнорудным предприятием Камчатки, разрабатывающим коренное жильное «рудное золото». Это типичное вулканогенное эпитегрмальное, жильное низко-сульфидное (кварц-серицит-адуляровый LS тип по европейской классификации [12]). Оно отнесено И. Д. Петренко к золото-серебряной формации Камчатки [9]. Месторождение отличается слабой степенью эродированности, представлено серией сближенных крутопадающих меридиональных жильных зон мощностью первые метры и протяжённостью до километра и более. Оно приобрело свой окончательный облик во временном интервале 4,1–1,2 Ма. Отличительная особенность руд месторождения — высокие содержания селена (до 2500 г/т) при многообразии форм его нахождения: от собственных минералов до примеси, практически, во всех рудных фазах. Самородное золото ассоциирует с селенидами, сульфосолями серебра, сульфидами, обладает мелкими размерами, разнообразием форм, сложным неоднородным строением по структуре (преимущественно дендритовидным) и составу (вариации пробности 475–890). Среди экзотических минералов диагностированы ютенбогардит (Ag_3AuS_2), аргиродит (Ag_3GeS_6), галогениды серебра (AgBr , AgBrCl , AgCl , AgI), сложные оксиды, содержащие золото, серебро, серу, железо, свинец.

Введение

Асачинское вулканогенное эпитегрмальное жильное кварц-адулярового типа (LS — низко-сульфидное) месторождение, принадлежит к числу наиболее крупных и сравнительно хорошо изученных золото-серебряных объектов Камчатского края [3, 6, 9, 12]. Оно находится в 160 км к югу от краевого центра г. Петропавловск-Камчатский (рис. 1). В ноябре 2011 г. на его базе в эксплуатацию введен Асачинский ГОК — второе действующее предприятие горнорудной промышленности Камчатки, ресурсная основа которого — жильное коренное вулканогенное золото-серебряное месторождение (рис. 2.) [3].

В геолого-структурном отношении месторождение приурочено к эрозионно-тектонической кальдере площадью около 20 км², которая располагается в центральной части Асачинской вулcano-тектонической структуры (ВТС) с диаметром около 28 км. В геологическом строении месторождения участвуют вулканиды, отнесенные к трем структурным ярусам: 1. Дорудный (фундамент) — олигоцен-миоценовая андезитовая формация; 2. Синрудный — базальт-андезит-риолитовая формация; 3. Пострудный — верхнеплейстоцен-голоценовая базальт-андезитовая формация. Месторождение состоит из серии сближенных крутопадающих меридиональных

жильных зон мощностью первые метры и протяжённостью до километра и более. Возраст месторождения 4,1–1,2 Ма. Оно относится к числу полихронных и полигенных рудных объектов [4, 8, 11].

Текстуры руд месторождения характеризуются большим разнообразием. На верхних горизонтах наибольшим распространением пользуются колломорфные, колломорфно-полосчатые, полосчатые, кокардовые, прожилковые, сетчатые, прожилково-сетчатые и гнездовые текстуры, обусловленные теми или иными соотношениями кварца, адуляра, карбоната и рудных минералов [1, 2, 6, 8, 10, 11]. С глубиной (по падению рудных тел) увеличивается доля брекчиевых и брекчиевидных текстур, их комбинаций с прожилковыми, полосчатыми и колломорфными, которые постепенно начинают доминировать. Эти факты свидетельствуют о длительном и сложном процессе гидротермального рудообразования при котором свободное жильное выполнение (преимущественное развитие) сменялось метасоматическим замещением или эти процессы развивались параллельно независимо друг от друга. Они сопровождались периодически процессами вскипания и брекчирования (рис. 3). [2]

Минеральный состав руд месторождения отличается рядом специфических особенностей. В первую

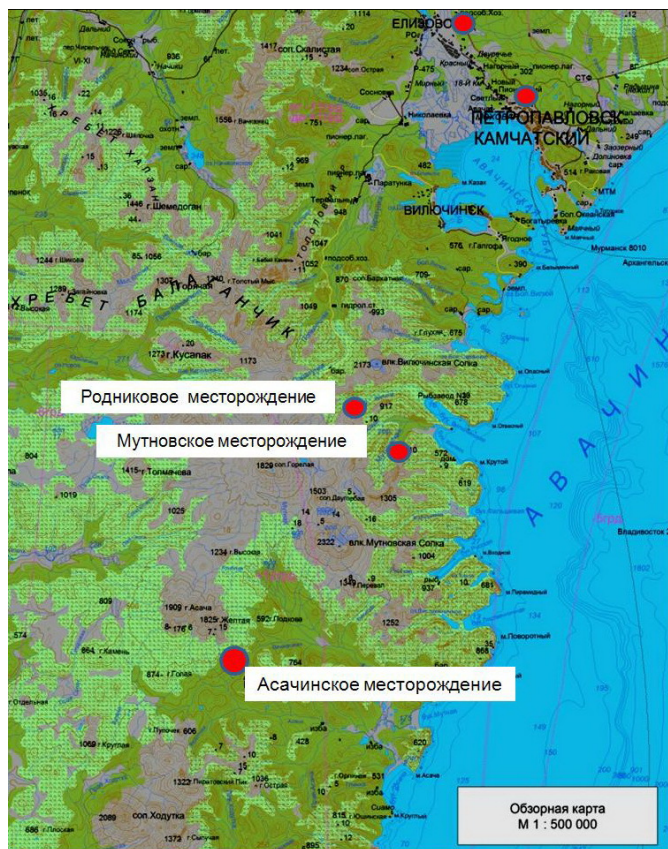


Рис. 1. Схема расположения Асачинского месторождения.



Рис. 2. Панорама Асачинского месторождения.

очередь — это широкое развитие селенидов серебра, сульфосолей серебра, а также наличие таких минералов, как галогениды серебра, сложные оксиды железа с Au, Ag, Te, Pb, Bi, S (табл. 1) [10, 11].

Авторами выполнены комплексные ревизионные исследования минерального и химического составов руд, химизма важнейших рудных и жильных минералов, а также «проблемных» фаз с помощью рентгеноспектрального с электронным зондом микроанализа (аналитическая система Camebax, укомплектованная новейшим энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 80), ICP, AAS

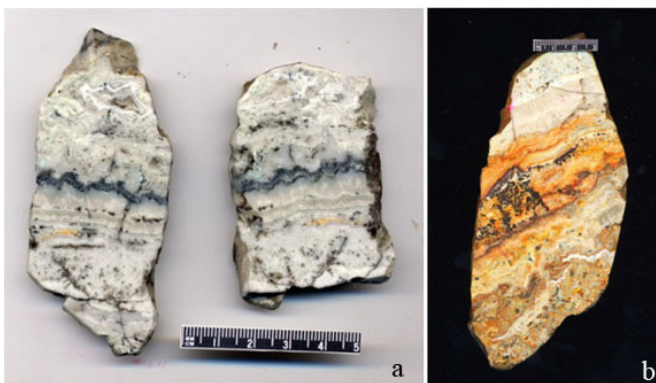


Рис. 3. Текстуры руд: а — колломорфно-полосчатая (светлые полосы — кварц-адуляровый агрегат, тёмные — золотоносные обособления — гингуро); б — колломорфно-полосчатая с элементами фестончатой и гнездовой: тёмно-коричневое — агрегаты самородного золота, селенидов и сульфосолей.



Рис. 4. Аналитическая система Camebax, укомплектованная новейшим энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 80.

в сочетании с методами классической минералогии и минераграфии (рис. 4). Для этих целей использовались коллекции образцов из канав, траншей, керны буровых скважин поверхностных горных выработок для изучения текстурно-структурных особенностей руд. А так же были выделены микрокерна, позволявшие изучить макроструктуру и микроморфологию золотин, выделенных при разложении кварц-адуляровой матрицы плавиковой кислотой. Они в дальнейшем с помощью сканирующей электронной микроскопии.

Показано, что неоднородное по своему химическому составу самородное золото (Au 24–80%) пользуется преобладающим распространением по сравнению с однородным. Золото свободное не уступает в своём развитии золоту связанному. Связанное золото участвует в формировании трёх минеральных ассоциаций: — золото-селенид-сульфосолевой; — золото-сульфидной; — золото-оксидной (рис. 6).

Таблица 1. Минеральный состав руд Асачинского месторождения.

Минералы, их распространённость	Гипогенные рудные	Гипогенные нерудные	Гипергенные
Главные	самородное золото: высокопробное (750-890), электрум (185-750) As-пирит FeS ₂ (до 4,72%) науманит Ag ₂ Se	кварц SiO ₂ адуляр KAlSi ₃ O ₈ (Ba до 3,75%)	оксиды и гидроксиды железа
Второстепенные	халькопирит CuFeS ₂ Se-аргентит Ag ₂ S (4-5%) сфалерит ZnS (Cd до 1,25%) агвиларит Ag ₄ SeS	серицит KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂ хлорит (Mg, Fe) ₆ (Al, Fe) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₈ кальцит CaCO ₃ каолинит Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ монтмориллонит (Ca, Na, ...) (Mg, Al, Fe) ₂ [(Si, Al) ₄ O ₁₀] (OH) ₂ · nH ₂ O морденит NaAlSi ₅ O ₁₂ · nH ₂ O	оксиды и гидроксиды марганца
Редкие	ютенбогардит Ag ₃ AuS ₂ Se-стибиопирсеит-арсенополибазит (Ag, Cu) ₁₆ (As, Sb) ₂ S ₁₁ Se-галенит PbS (4-5%) гессит Ag ₂ Te петцит Ag ₃ AuTe ₂ аргиродит Ag ₈ GeS ₆ тенантит Cu ₁₀ Fe ₂ As ₄ S ₁₃ фрейбергит Ag ₁₀ Zn ₂ Sb ₄ S ₁₃ пираргирит Ag ₃ SbS ₃ клаусталит PbSe стефанит Ag ₅ SbS ₄ колорадоит HgTe арсенопирит FeAsS Ag-тетраэдрит (Cu, Fe) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃ петровскаит AuAg(S, Se)? кюстелит Ag ₃ Au фишессерит Ag ₃ AuSe ₂ энардит Cu ₃ AsS ₄	эпидот Ca ₂ FeAl ₂ Si ₂ O ₁₂ OH сфен CaTiSiO ₅ рутил TiO ₂ апатит Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F, Cl)	эмболит AgBrCl бромаргирит AgBr хлораргирит AgCl сложные оксиды железа с Au, Ag, Te, Pb, Bi, S, As ковеллин CuS халькозин Cu ₂ S малахит CuCO ₃ · Cu(OH) ₂ азурит Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂

Золото-сульфидная минеральная ассоциация выделена при изучении керна поисково-разведочных скважинах на глубинах 150–170 м. Главный минерал этой ассоциации — халькопирит, в резко подчинённых количествах — As-содержащий пирит, Se-содержащий галенит. Среди нерудных кварц занимает первое место. Золото-селенид-сульфосолевая ассоциация обладает наиболее широким спектром минералов, включая такие экзотические фазы как ютенбогардит, Se-содержащий стибиопирсеит-арсенополибазит (рис. 5). Рудные тела, в строении которых преимущественным распространением пользуются минералы этой ассоциации, характеризуются самыми высокими содержаниями золота, серебра, селена, а так же таких щелочных металлов, как калий, литий, рубидий и цезий. В отдельных случаях концентрации калия достигают 7–9%. Адуляр — главная минеральная форма калия.

В этой минеральной ассоциации адуляр представлен двумя разновидностями: однородный (без признаков зональности) и неоднородный. Неоднородность обусловлена локальным концентрированием бария (максимальные концентрации 4–5%), образующим отдельные зоны внутри идиоморфных, как правило, кристаллов (рис. 7). С глубиной количество адуляра значительно уменьшается вплоть до исчезновения. Жильная зона №19 отличается от главной (№1) примитивным минеральным составом и отсутствием адуляра. Главные запасы золота на данный момент сосредоточены в жильной зоне №1, сложенной минералами всех трёх ассоциаций.

Детально изучены формы нахождения (собственные минералы или в виде примеси) в рудах следующих химических элементов: золото (электрум, высокопробное золото, ютенбогардит, петцит, сложные кислородные соединения с Fe, S, Pb, Bi); серебро

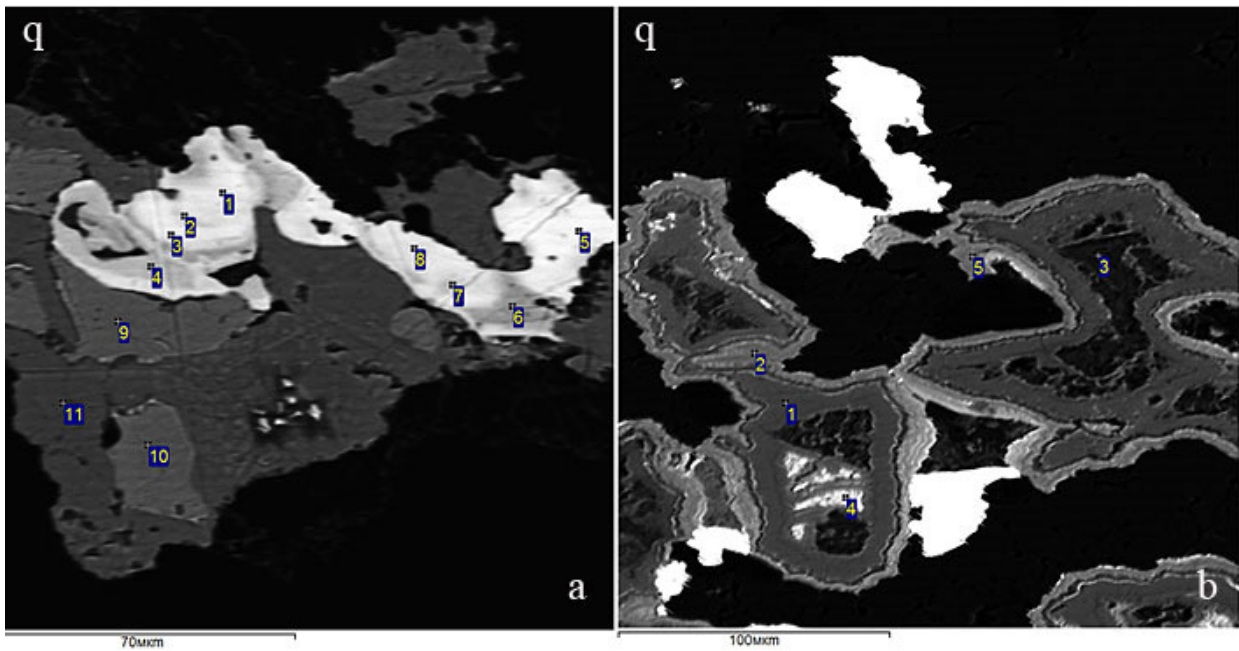


Рис. 5. Особенности взаимоотношения рудных и жильных минералов: *a* — срastание неоднородного зонального золота (1–8), Se-агвиларита (9,10) и Se-стибиопирсеит-арсенополибазита (11) в кварц-адуляровом агрегате; *b* — сложные оксидные каймы с Te, Pb, S, Cu, (1, 3) и Te, Pb, S, Cu, Ag, As, (2, 4, 5) в кварц-адуляровом агрегате. Фото в обратно рассеянных электронах.

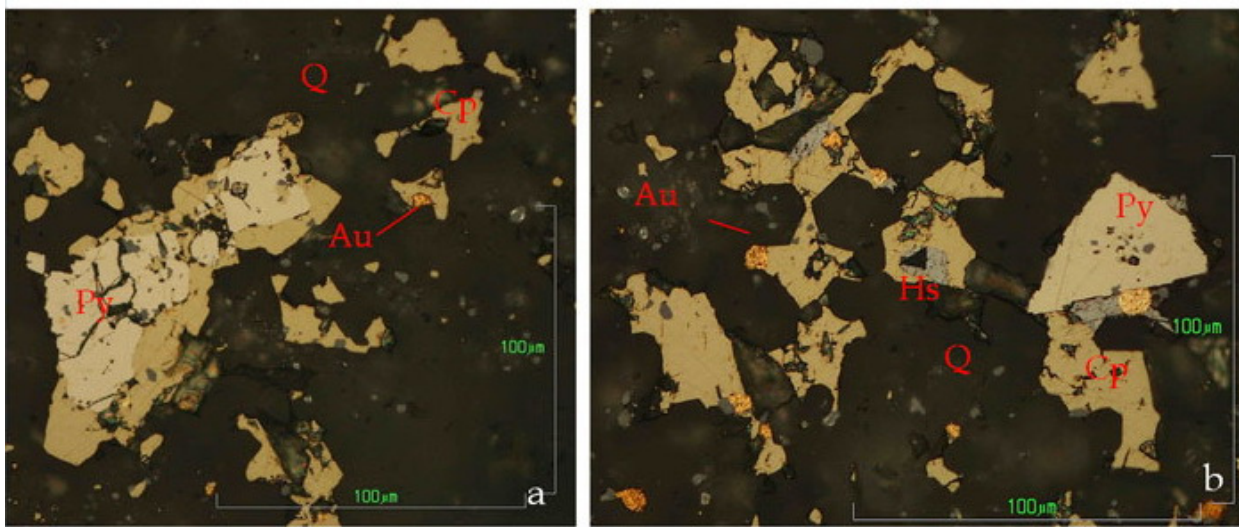


Рис. 6. *a-b* — Формы выделения и особенности взаимоотношения самородного золота с селенидами и сульфосолями серебра в кварц-адуляровом агрегате (Au — золото, Q — кварц, Ср — халькопирит, Py — пирит, Hg — гессит). Микрофото в отражённом свете.

(аргентит, гессит, науманит, агвиларит, блеклые руды, электрум, ютенбогардтит, Se-содержащий стибипирсеит-арсенополибазит, прустит, петцит, кюстелит, самородное серебро, галогениды — эмболит, бромаргирит, соединение типа AgI, сложные кислородные соединения с железом, серой, свинцом); селен (науманит, агвиларит, Se-содержащий галенит); теллур (петцит, гессит, блеклые руды); мышьяк (блеклые руды, стибипирсеит-арсенополибазит, As-содержащий пирит).

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012–2016 гг.

Список литературы

1. Андреева Е. Д., Ким А. У. «О цеолитах некоторых эпitherмальных золото-серебряных месторождений Камчатки». VI региональная молодежная научная конференция. Исследования в области наук о Земле (география, геология, геофизика, геоэкология, вулканология). П-К, 26–27 ноября 2008 г.

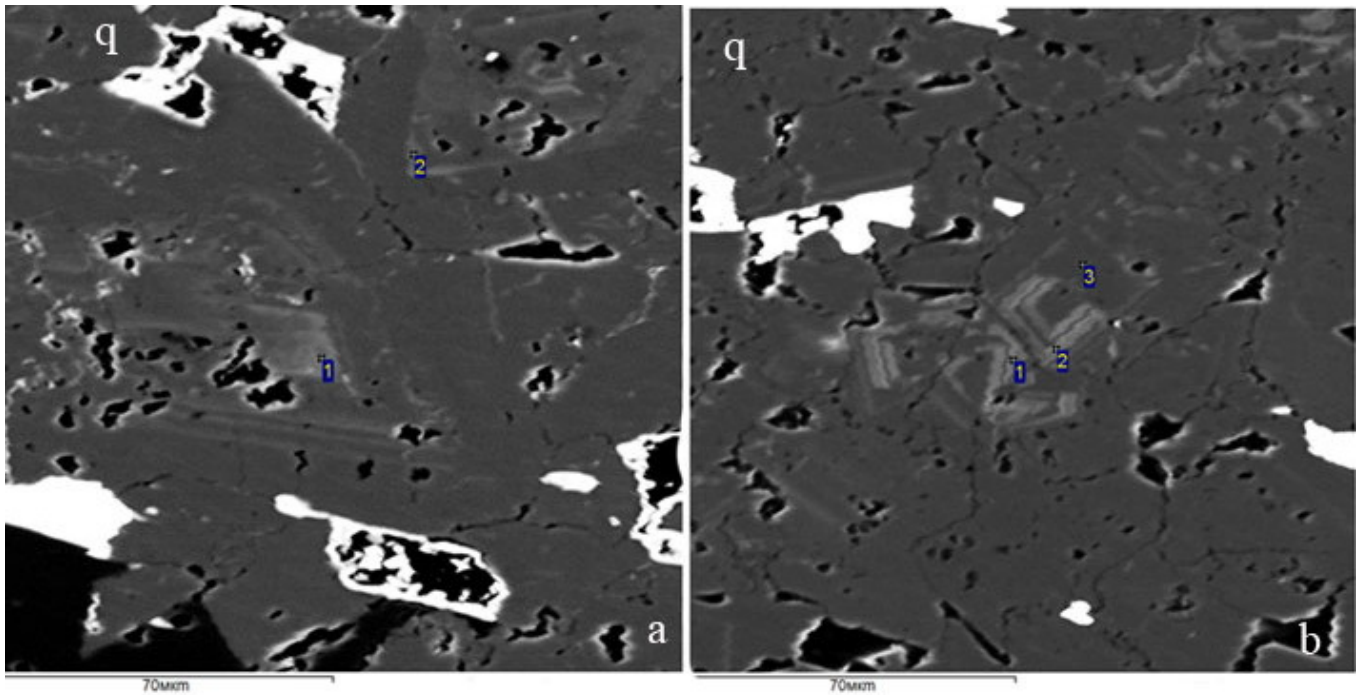


Рис. 7. Неоднородное строение адуляра, обусловленное неравномерным распределением бария (светлые полосы с Ва до 5%)

2. *Ким А. У.* Текстурные и структурные особенности строения руд Асачинского месторождения (Южная Камчатка) // Материалы российской конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвящённой «Году Планеты Земля». Москва, 6–7 апреля 2009 г. Том. 3 Геология и геохимия твёрдых полезных ископаемых. Экологическая экология. Общие вопросы геофизики. Москва: МГУ, 2009. С. 20–24.
3. *Никитин М. И.* О ходе строительства Асачинского ГОК // Горный вестник Камчатки, выпуск № 2(8) 2009 г. С. 29–32.
4. *Округин В. М.* О возрасте и генезисе эпitherмальных месторождений зоны перехода континент-океан (северо-западная Пацифика) // Современный вулканизм и связанные с ним процессы, материалы юбилейной сессии Камчатского научного центра ДВО РАН, посвящённой 40-летию Института вулканологии. П.-К, 2004 г., С. 106–108.
5. *Округин В. М., Лоншаков Е. А., Евсеев Г. Н., Игнатов А. П., Коваль С. С., Матюшонок Н. Н., Чубаров В. М.* Некоторые особенности самородного золота рудных объектов // Геологическое строение и полезные ископаемые Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1983 г., С. 132–136
6. *Округин В. М., Ким А. У., Андреева Е. Д.* Самородное золото Асачинского месторождения // Горный вестник Камчатки. — 2010. — С. 75–83.
7. *Петренко И. Д.* Золото — серебряная формация Камчатки. Петропавловск-Камчатский. Из-во Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 1999. 115 с. (С. 44)
8. *Федорев В. Н.* Об истории обнаружения Асачинского золоторудного месторождения // Горный вестник Камчатки, выпуск № 3(9) 2009 г. С. 83–87.
9. *Liessmann W., Okrugin V.* Zur Lagerstättenkunde der Halbinsel Kamtschatka/Rubland/ Erzmetall, 47 (1994), N. 6/7. P. 376–393
10. *Hedenquist J. W., Izawa E., A. Arribas, White N. C.* Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. Resource Geology Special Publication N.1, 1996
11. *Takahashi R., Matsueda H., Okrugin V. and Ono S.* Epithermal Gold-Silver Mineralization of Asachinskoe Deposit in South Kamchatka // Russia. Resource Geology № 4. P. 354–372.
12. *Takahashi R., Muller A., Matsueda H., Okrugin V., Ono S., Alfons van den Kerhof, Kronz A. and Andreeva E.* Cathodoluminescence and Trace Elements in Quartz: Clues to Metal Precipitation Mechanisms at the Asachinskoe Gold Deposit in Kamchatka // Proceedings of International Symposium «The Origin and Evolution of Natural Diversity». Sapporo, 2007. P. 175–184.
13. *White N. C., Leake M. J., McCaughey S. N., Parris B. W.* Epithermal gold deposits of the southwest Pacific // Journal of geochemical exploration 54 (1995) 87–136.