

ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИЗОТОПНЫЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА БОЛЬШЕОБЪЕМНОСТИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЙ РУДОНОСНОСТИ ВУЛКАНО-СТРУКТУР ЧУКОТСКОГО СЕКТОРА АРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ РОССИИ.

Сахно В.Г.¹, Баринов Н.Н., Карась О.А., Ивин В.В., Пипко М.С., Цурикова Л.С.

¹*Руководитель проекта*

Дальневосточный Геологический институт ДВО РАН (г. Владивосток, Россия).

v_sakhno@mail.ru

На площади Чукотского сектора Арктической зоны Северо-Востока России известны многочисленные золото-серебряные рудопроявления и оруденения, связанные с вулканоструктурами Эргываамского вулкано-экструзивного комплекса и его возрастными аналогами западной и центральной Чукотской зон Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП).

Среди них известны крупнообъемные месторождения, такие как – Купол, а также перспективные – Двойное, Серебряное, Валунистое и другие. Кроме того известно большое количество перспективных рудопроявлений на этой территории, которые находятся в стадии предварительной разведки. Так в породах Купольного рудного узла кроме месторождения Купол, которое разрабатывается, расположены перспективные рудопроявления Прикуп, Токай, Дублон и другие [1]. Известны и много других рудопроявлений на этой территории, которые заслуживают изучения и детальных исследований [2].

За пределами Купольного рудного узла, названного первоначально Кайемравеевским [3], в Илирнейском рудном узле (Западная Чукотка) известно рудопроявление Сентябрьское с золото-теллурийной минерализацией и месторождение Двойное, которое в настоящее время разрабатывается [4]. Эти месторождения и рудопроявления вызывают как теоретический, так и практический интерес в связи с широким спектром рудного процесса: связанного с магматизмом различного характера золото-серебряного и золото-теллурийного эпитеpmального типов и возможностью выявления новых объектов крупнообъемных месторождений на Северо-Востоке России.

В последние десятилетия на основе детальных геологических данных по рудным месторождениям, связанным с магматизмом проводится широкий спектр: исследований геолого-геохимических, изотопных, геохронологических, геофизических и других с использованием методов инструментального изучения с целью выявления особенностей генерации рудно-магматических систем (РМС) и получения критериев большеобъемности их рудоносности [5, 6, 2, 7, 8 и др.].

Следует отметить, что в генерации рудоносных магматических расплавов существенное влияние оказывает флюидный режим и прежде всего состав и объемность глубинного (мантийного) флюидного потока, основного рудного комплексобразователя и переноса рудного вещества [9, 10 и др.].

Исследование магматических комплексов вулканоструктур с золото-серебряной минерализацией в Чукотской зоне на основе предложенных инструментальных методик дает возможность выявить перспективные кальдерные вулканоструктуры для последующего детального изучения. Подобные работы, проведенные в Приморье на основе этих методов, показали перспективность таких исследований [11].

В северо-восточной Арктической части Западно-Чукотской вулканической зоны Охотско-Чукотского вулканического пояса изучались магматические комплексы месторождения Купол, Сентябрьское, Двойное и Морошка. Месторождения Купол и Двойное в настоящее время активно разрабатываются Чукотской горго-геологической компанией KINROSS.

Методы инструментальных исследований:

Для решения генетических вопросов магматических комплексов и рудных процессов связанных с ними проводились определения содержания петрогенных элементов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре iCAP

6500Duo (Thermo Scientific Corporation, США). Определение микро- и редкоземельных элементов выполнено на масс-спектрометре Agilent 7700 x (Agilent Technologies, США) в исследовательском Центре Дальневосточного Геологического института ДВО РАН г. Владивостока.

Определение возраста магматических пород по цирконам U-Pb(SHRIMP-II) методом проводилось в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (г. С-Петербург).

Определение возраста магматических пород (K-Ar) методом проводилось в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН (г. Москва).

Определение содержания радиогенного аргона проводилось на масс. Спектрометре Ми-1201 ИГ методом изотопного разбавления с применением в качестве трассера ^{38}Ar ; определение калия – методом пламенной спектроскопии.

Определения изотопов гафния проводились в Центре изотопных исследований, ВСЕГЕИ (г. С-Петербург). Для определения Lu/Hf и Yb/Hf отношений в качестве концентрационного стандарта использован циркон 91500 (международный стандарт).

Принятые концентрации Lu 12 ppm, Hf 5895 ppm- согласно сертификату – CNRS, Yb = 55 ppm, (результат международной сверки методом SIMS).

Термометрические исследования включений в рудных кварцитах из месторождений проводились термокамерой THMSG-600 (Linkam, Англия), анализ фаз флюидных и жидких включений проводились на спектрометре KP Lab Ram HR 800, позволяющий в режиме реального времени получать измерения фазовых переходов в интервале температур 0-196 до 600⁰ С. Исследования проводились в ДВГИ ДВО РАН.

Для изучения морфологии и качественного анализа химического состава образцов использовался сканирующий электронный микроскоп EVO-50 XVP фирмы « С. ZEISS», оборудованный комплексом для проведения рентгеноспектрального анализа, химического состава вещества INCA ENERGY 350. Использование энергодисперсионного спектрометра позволяет одновременно определять химические элементы от В до U. Исследование образцов проводилось при ускоряющем напряжении U = 20 кв. При этом получались изображения во вторичных электронах, отражающих топографию поверхности образца и в обратно-рассеянных электронах, несущих усреднённую информацию о распределении химических элементов в поверхностном слое препарата. Обнаружение частиц, содержащих благородные металлы, обеспечивалось изучением изображений в обратно-отражённых электронах с последующим применением энергодисперсионного спектрометра. Препараты покрывались тонким слоем хрома (до 150 ангстрем) для снятия электрического заряда с их поверхности. Исследования проводились в ДВГИ ДВО РАН.

Золото-серебряное месторождение Арктического побережья Северо-востока России, месторождение Купол. Месторождение расположено в Анадырском районе Чукотского автономного округа (Рис.1). Это крупнейшее месторождение Северо-Востока Азии России. Рудные тела вскрыты на глубине более 600 м [1, 12], разбурено скважинами, а с поверхности пройдено горными выработками. Это позволило получить детальную характеристику геологического строения месторождения, а также окружающего региона, в котором обнаружены рудопроявления (Прикуп, Токай и др.) и многочисленные зоны минерализации золота и серебра. На основе этих работ выделен Купольский рудный узел, который приурочен к северо-западной части Мечкеревской вулкано-тектонической депрессии, диаметр которой составляет около 100 км. Она выполнена вулканитами кислого и среднего состава верхнемелового возраста общей мощностью около 1300 м. В основании разреза залегает толща сложенная туфами и игнимбритами риолитов и риодацитов. Выше залегает толща лав и туфов андезитов и андезито-базальтов. Верхняя часть всего разреза меловых образований завершает толща лав из туфо-риолитов и трахириолитов, которые перекрываются покровом базальтов, предположительно палеогенового возраста. В пределах месторождения известны экструзии, дайки и малые интрузии представленные габбро-диоритами, андезитами, дацитами и риолитами [1, 2, 12, 13, 14, 15 и др.].

В размещении магматических и рудных образований играют региональные разломы. Вулканоструктуры, размещенные в поле развития вулканогенной толщи имеют локальные просадки (палеокальдеры): Коваленковская, Озернинская и Кайемравеевская (Рис.1).

Магмо-и рудоконтролирующими структурами высокого порядка являются Средне-Кайемравеевский глубинный разлом субмеридиального простирания, а также Имравеевский разлом СВ направления. Эти разломы сопряжены с осевой зоной Крестовско-Саламихинского трансрегионального глубинного разлома.

Рудное поле месторождения Купол сложены толщей (более 700 м) переслаивающихся лав андезитов с туфами, и игнимбритов и дацитов. В пределах рудного поля распространены дайки риолитов, прорывающие рудные жилы. Выделяются две разновидности риолитовых даек – афировая с флюидальной структурой и обломками вмещающих лав и редкопорфировая, массивная.

Для петрологических и изотопных исследований были изучены три разновидности вулканических пород – диорит (WP-4220), кристаллокластический туф дацитового состава (WP-4325) и риолит (WP-4319). Особенности химического, а также микро-и редкоземельного составов представлены в Таблице-1 и мультикомпонентой диаграмме (Рис.2), которая позволяет провести сопоставления с магматическими породами других золото-серебряных РМС полярной части Западной Чукотки.

Впервые для магматических пород месторождения Купол получены оригинальные данные возраста покровного туфа WP-4119 – 94.8 ± 1.4 и трех риолитовых даек F-2 – 87.76 ± 0.79 ; F-3 – 88.89 ± 0.87 и F-4 – 88.98 ± 0.89 определенные по цирконам (SHRIMP-II метод). К-Ag методом определены флюидный покровный дацит (Табл.2) – 89.5 ± 2 млн лет, а также андезит, составляющий нижнюю часть толщи – слагающий рудное поле – 94.5 ± 2 млн лет. Возраст риолитовых даек по данным геологов компании «Кинросс» – послерудный, что позволяет сделать выводы – что возраст оруденения – в промежутке между 88 и 89 млн лет. Для вулканических пород, слагающих покровные образования месторождения Купол, получены и изотопные данные по Pb-Pb и Rb-Sr системам (Табл.3, 4). Анализ этих данных будет приведен ниже.

Рудномагматическая система Сентябрьское.

Эта система находится в Илирнейском рудном районе Западной Чукотки в 80 км севернее месторождения Купол (Рис.1). В отличие от последнего месторождение Сентябрьское относится к золото-теллурийному типу, такие месторождения известны на Камчатке (Озерновское, Ачинское и др.) [4].

Этот тип эпитермального месторождения вызывает как промышленный, так научный интерес, поскольку по данным исследователей в вулканических поясах Тихоокеанского обрамления известны крупные месторождения с крупными месторождениями золота

Детальным изучением Сентябрьского месторождения занимался Ю.Н. Николаев, В.Ю. Прокофьев и др. [4, 15].

Это месторождение расположено в пределах водораздельного золоторудного узла, в состав которого входит месторождение Двойное, которое в настоящее время разрабатывается канадской компанией KINROSS. Схема геологического строения представлена на Рис. 3. Согласно Г.Ф. Журавлеву, рудопоявление располагается в пределах интрузивно-купольной структуры, наложенной на более раннюю Илирнейскую кальдеру обрушения, сложенную раннемеловыми вулканитами Тытельвеевской свиты, входящую в состав Тытельвеевского андезит-риолитового вулканического комплекса. [4].

В составе этого комплекса выделены три подсвиты нижняя и верхняя представлены потоками лав андезитов, пластами туфобрекчий и туфов андезитов. Средняя подсвита представлена комплексом пород средне-кислого состава (дацитами, риолитами, риодацитами, реже игнимбритами). Породы тытельвеевской свиты прорваны интрузиями кварцевых монзонитов, гранодиоритов, относящихся к илирнейскому комплексу [4] субщелочных гранитов мелового возраста. Все они прорываются дайками сиенитов, гранит-

порфиров, принадлежащих к илирнейскому комплексу. Тела риолитов тытельвеевского комплекса принадлежат к крупному субвулканическому массиву (Рис. 3). Петрохимический и микро-и редкоземельный состав этих пород представлен в таблице 1. Особенностью которых является высокое отношения Na/K в основных разностях и резкое повышение содержания калия в дацитах и риолитах. Для последних свойственно высокая железистость при резком снижении содержания MgO.

Такая особенность свойственна для магматизма кислых дифференциатов золото-серебряного эпитептермального типа, других регионов Дальнего Востока.

Характерной особенностью магматитов Сентябрьского месторождения является метасоматическое преобразование пород. Магматические преобразования образуют большей частью линейные зоны вдоль интрузивных тел и в кровле над ними. [4].

Возраст пород магматических комплексов условно принят меловым, так как высокая степень изменения пород и минералов не позволило получить определения ни K-Ar, ни Ar/Ar методом, а поиски циркона для определения U-Pb (SHRIMP) методом не увенчались успехом. Этого и следовало ожидать, так как при высоком потенциале K₂O в лавах цирконы не кристаллизуются. А по сфенам полученные результаты имеют значительный разброс, но в целом дают возраст от 90 до 100 млн лет.

Рудномагматическая система «Двойное».

Месторождение относится к золото-серебряному эпитептермальному типу. Оно расположено вблизи Сентябрьской рудно-магматической системы. Как полагают исследователи этих объектов [4, 1] относится к малосульфидному типу золото-серебряного оруденения с кварцадуляровыми прожилками в андезитах и туфах нижней подсвиты тытельвеевской свиты.

В пределах участка оруденения золото-серебряного месторождения, которое в настоящее время разрабатывается компанией KINROSS, широко распространены андезитовые образования и более древние интрузивные и субвулканические породы Илирнейского комплекса. Их развитие широко проявлено в нижней части месторождения (Рис 4.).

Петрохимический и микроэлементный состав представлен в Таблице 1, а также в мультикомпонентных диаграммах (Рис. 5), где наблюдаются определенные сходства соотношения микро-и редкоземельных элементов двух рудно-магматических систем. Наблюдается аналогичный характер поведения микроэлементов этих двух систем как для средне-основных магматических, так и для кислых дериватов магматических комплексов, с которым связано рудообразования золото-серебряного и золото-теллурийного состава эпитептермального типа.

Наиболее показательны в этом отношении (Рис. 5) таких элементов как европий (европиевый и неодиевый минимум), характерные для этого типа дифференции рудоно-магматических комплексов.

Определение возраста по цирконам (Табл. 2) представленные (SHRIMP) методом, а K-Ar, в большинства случаев данная совпадает, что позволяет определить магматические этапы: - ранний связанный с проявлением гранитов и сиенитов илирнейской фазы, представляющий собой начало формирования кальдеры обрушения и более поздний с которым связано орудинение. Возраст оруденение по данным K-Ar возраст (по адулярам) определяется в интервале 88±3 - 87±3 млн. лет.

Рудопроявление Морошка.

Рудопроявление Морошка расположено в пределах Купольного рудного узла. Как и большинство рудопроявлений этого узла, оно связано с вулкано-структурами кальдерного типа, развитым в пределах распространения покровной серии мелового возраста, представленных средне-основными и покровными образованиями андезитов, туфов, агломератов нижней пачки и перекрывающими их толщей дацит-риолитового состава (Табл. 1)

Химический и микро-и редкоземельный составы этих пород представлены в таблице 1 и на мультикомпонентных диаграммах (Рис. 2), где отчетливо видно определенное сходство с

петрохимическим и редкоземельным составов магматических комплексов месторождения Купол и Морошка. Есть и определённые различия: характерные пики выражены (положительно) для урана и калия, а также La, Ce и минимально для неодима, стронция и титана (для риолитов), но характерны отличия в составе в тяжёлый RЗЭ (Yb, Lu), и менее выражен европиевый минимум для кислых членов магматической серии этих РМС.

Возраст андезитов и дацитов РМС Морошка дан в таблице 2, что дает основания судить о близком возрастном диапазоне формирования магматических комплексов Купола и Морошка.

Как уже отмечалось эта идентичность свойственна и для характера распределения микро- и редкоземельного спектра элементов этих двух структур (Рис.5).

Изотопные исследования РМС.

Результаты изотопных исследований магматических пород месторождений и рудопроявлений представлены в таблицах и на диаграммах $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Табл. 3, 4. Рис.6, 7).

Исследования Rb-Sr и Pb-Pb изотопных систем по магматическим комплексам структур, с которыми связано золото-серебряное оруденение: Купол, Двойное, Сентябрьское и Морошка Западно-Центрально-Чукотского сектора Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП) характеризуют различный характер их формирования.

Анализ этих данных позволяет интерпретировать полученные характеристики следующим образом: **а)** Породы имеют смешанную мантийно-коровую природу источника магматического расплава. Вероятней всего, происходила контаминация коровым веществом источника магматических расплавов мантийного происхождения. Этот процесс отражает тренд изотопного состава Pb, показанный на графике (Рис.6). Возможно смешение происходило в магматических камерах. **б)** Первичные стронциевые (Sr/Sr) изотопные отношения варьируют от 0.704 до 0.710 (Рис. 7). Этот разброс можно объяснить различной степенью коровой контаминации магматических мантийных расплавов. Наименьшими значениями в целом характеризуются магматические породы Купола. Эти породы обладают также наименее радиогенным свинцом, что указывает на то, что они наименее всего были контаминированы корой. Источником контаминации выступало вещество относительно молодой коры.

Значимость этих данных относительно оруденения, связанного с магматизмом, может быть определяющим для каждого месторождения и позволяет судить о их возможной перспективности.

Проводились изотопные исследования гафния по цирконам, отобраным их магматических пород РМС Купол, Двойное и Морошка (Табл. 5).

Анализ этих данных показывает, что наименее радиогенными являются породы РМС Купол. И среди них менее радиогенным являются риолитовые дайки, распространенные и рвущие рудные жилы месторождения Купол.

Можно предположить, что формирование вулcano-структуры (РМС) и особенно рудоносность проходили с высокой долей мантийных флюидов, в меньшей степени ассимилированы коровым веществом.

Сопоставление данных по РМС Купол и магматической системе Морошка, показали, что они также формировались при высокой доли мантийных флюидов.

Термодинамические исследования флюидных включений в рудных кварцах РМС.

При визуальном наблюдении флюидных включений в кварце всех изучаемых объектов (Купол, Двойное, Сентябрьское) были установлены двухфазовые газово-жидкие включения размером не более 15 мкм. Большинство первичных включений имеют не правильную форму или форму овала (Рис. 8).

При термо- и криометрических исследованиях основное внимание уделялось прежде всего флюидным включениям, приуроченным к зонам роста или равномерно распределенным по объему зерен кварца.

Перед проведением высокотемпературных экспериментов был изучен состав газовой и жидкой фаз флюидных включений. Анализ фаз осуществлялся на предварительно подготовленных образцах с помощью КР-спектрометра Lab Ram HR 800 (ДВГИ ДВО РАН). По результатам комбинационного рассеивания установлено, что флюидные включения в кварце рудопоявления Сентябрьское содержат водный раствор, а в газовой фазе наблюдается CO_2 с плотностью $0,11 \text{ г/см}^3$. Флюидные включения кварца месторождения Купол также состоят из водного раствора, в газовой фазе установлено соединение группы CN . Флюидные включения в кварце месторождения Двойное содержат водный раствор, в газовой фазе CO_2 с плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$ (Табл. 6).

Двухфазовые газовой-жидкие включения рудопоявления Сентябрьское гомогенизируются в жидкую фазу в диапазоне температур $220\text{--}302^\circ\text{C}$ и содержат водный раствор с концентрацией солей $0,18\text{--}3,39 \text{ мас. \%}$ эквивалентно NaCl . Первичные флюидные включения в кварце месторождения Двойное гомогенизируются по первому типу в интервале температур $251\text{--}290^\circ\text{C}$ и содержат водный раствор с концентрацией $0,18\text{--}2,07 \text{ мас. \%}$ эквивалентно NaCl . Первично-вторичные включения, приуроченные к трещинам внутри кристалла, которые не выходят за пределы последнего, по фазовому наполнению аналогичны первичным включениям и гомогенизируются при температуре $195\text{--}200^\circ\text{C}$. Концентрация раствора составляет $1,05\text{--}2,41 \text{ мас. \%}$ эквивалентно NaCl . Температура гомогенизации первичных включений в кварце месторождения Купол составляет $232\text{--}331^\circ\text{C}$, а концентрация $1,23\text{--}2,41 \text{ мас. \%}$ эквивалентно NaCl .

Определение рудных фаз на сканирующем микроскопе позволили идентифицировать рудные минералы, свойственные этим месторождениям, обнаружить много рудных фаз сложного состава (в скобках примеси): сульфосоли – Ag As Sb S(Cu) ; арсенопирит – Fe As S ; сфалерит – Zn S (Fe, Cu) ; барит – Ba SO_4 ; самородное железо; галенит – Pb S ; пирит – Fe_2S ; самородное серебро, а также – углерод.

Наибольшим разнообразием отличаются рудные минеральные ассоциации месторождения Купол Ag Fe As Sb S(Cl) ; Ag Cu Sb S ; золото-серебро – $\text{Au}_{51} \text{Ag}_{49}$; сульфосоли – Ag Cu Sb Fe Zr S и многие другие соединения в форме сульфасолей Ag Cu, Se S .

Кроме того в минеральных ассоциациях месторождения Купол был обнаружен теллурид серебра сложного вещества: $\text{Ag Cu, Fe Sb Se Te S}$.

Проведено определение микро- и редкоземельных элементов в рудных зонах Купола, Двойного, Сентябрьского с целью сопоставления их минеральных ассоциаций и характера распределения внутри каждой зоны (Табл.7)

Анализ данных показал общий характер сходства микроэлементного состава в том числе и рудных элементов, но также определенные различия, свойственное как внутри рудного месторождения, так в целом для рудных месторождений региона.

Так для месторождения Купол в сравнении с месторождением Двойным и Сентябрьским свойственны повышение концентрации Ni, As, Mo, W , но понижены содержания $\text{Cu, Rb, Sr, Nb, Zr, Ba, La, Ce, Ta, Hf, U, Th}$.

Возможно, это определяется фактором генезиса рудопоявления, связанных с генерацией рудно-магматических расплавов и особенностями флюидного режима, сопровождающего, как магматический процесс, так и формирование рудных зон.

Обсуждение результатов.

Анализ представленного материала по геологии золото-серебряным месторождения приарктической зоны Западной и Центральной Чукотки дают возможность выявить определенные закономерности

1. Детальное определение возраста рудоносных магматических комплексов на основе цирконометрии (SHRIMP) и K-Ar методов и рудных процессов (по адуляру) показало, что магматизм и оруденение сопряжены во времени (поздний альб-сантон- и представляют единый эволюционный процесс.

2. Магматизм и оруденение контролируется трансрегиональными разломами, но сопряжены с кальдерами обрушения вулcano-структур, развитие которых имело длительный процесс, в который вовлекались и породы фундамента. Характерно, что месторождения и магматизм приурочены к стыку различных формационных зон: сиалического блока с широким развитием гранитоидного магматизма на раннем этапе и более основного фемического [6; 4; 1].

3. По характеру рудопроявления месторождения относятся к эпитермальному кальдерному типу и связанного подкоровыми источниками генерации расплавов и вовлечения в рудно-магматические системы процессов коровой контаминации. Это хорошо определяется по данным исследования изотопных систем Pb-Pb, Rb-Sr, Hf-Hf, Lu-Hf и т.д.

4. Детальные изучения Rb-Sr, Pb-Pb, Hf-Hf изотопных систем рудно-магматических структур позволяют интерпретировать полученные данные следующим образом: а) породы имеют смешанную мантийно-коровую природу, источника магматического расплава. Вероятно, происходила контаминация коровым веществом источника магматических расплавов мантийного происхождения. Этот вывод основывается на данных изотопных систем $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ и $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$, поскольку изотоп гафния в большей степени характерен для мантийной области генерации расплавов [17]. Но с другой стороны изотопные отношения и особенно R-Sr систем в большей степени отражающий коровую контаминацию. Вследствие этого на рис. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ данные образуют вытянутую линию вдоль линии NHRL-NIMU. а) Первичные стронциевые изотопные отношения варьируют от 0,704 до 0,710 и более. Этот разброс можно объяснить различной степенью коровой контаминации магматических пород мантийных расплавов. в) Наименьшим значением в целом (по данным Pb-Pb, Rb-Sr изотопных систем) характеризуются магматические породы Купола и Морошка. Эти породы обладают также наименее радиогенным свинцом и стронцием, что указывает на то, что они наименьше всего были контаминированы корой. Источником контаминации выступало вещество относительно молодой коры. г) Изотопы гафния ($^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$) в отношении менее информативное, но тем не менее данные указывают на то, что менее контаминированы магматической корой РМС Купола и Морошка. Весьма примечательно, что риолиты, прорывающие и сопровождающие рудную зону месторождения Купол наименее контаминированы в сравнении с магматическими породами РМС Купол.

Это, возможно, связано с тем, что формирование рудных зон сопровождалось газовыми «струями» более восстановительного типа. Как было показано нами, в составе газов определенных в рудных кварцах месторождения Купол обнаружен газ метанового состава. Этот процесс, возможно связан с высокотемпературными газо-транспортными реакциями, как это было отмечено для вулкана Кудрявый [18].

Значимость этих данных относительно оруденения, связанного с магматизмом может быть определяющим и быть критерием их объемности.

5. Анализ данных определения флюидных включений в рудных кварцах месторождений этого сектора Арктики позволяют сделать выводы о высокой концентрации солей в водном растворе всех месторождений. Но из табличных данных, выделяются результаты по Куполу по солевому составу и в меньшем количестве по Сентябрьскому. Распределение микро- и редкоземельных элементов и минеральных фаз показали присутствие в минералах месторождения Купол, содержание серы, селена, бария и др., что, подтверждают ранее сделанное предположение [2, 13 и др.] что рудопоявление месторождения Купол (и возможно другие) формировалось при участии фумарол, при сублимации газовых флюидов, либо в высоконеравновесных условиях при газотранспортных условиях [18]. Такие условия возникают при образовании кальдерных комплексов, приуроченных к глубинным разломам и поперечных к ним зонам растяжения, уходящих глубоко в мантию, в пределах которых формируется поток восходящих углеродсодержащих рудоносных флюидов. Эти условия вполне соответствуют формированию кальдер этого региона.

Подводя итоги по всем РМС, рассмотренных выше, можно предположить одним из главных критериев в формировании крупных месторождений является глубинный фактор – участие глубинных процессов, сопровождающий формирование рудно-магматических систем (РМС). Можно предположить, что перспективность (и объемность) рудного процесса РМС в большей степени определяется глубинными факторами и прежде всего – участием глубинных (мантийных) флюидов и длительности их проявления.

Безусловно, этот вывод может быть подтвержден на примере более объемных исследований этой группы месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН И ФАНО, проект «Арктика». Авторы благодарят ЗАО «Чукотскую горно-геологическую компанию KINROSS» за содействие и предоставленный материал.

Литература

1. Особенности геологического строения золото-серебряного месторождения «Купол», 2008, KINROSS, 31.
2. А.А. Сидоров, В.Ф. Белый, А.В. Волков и др. *Доклады Российской Академии наук*, 2007, **412**, №2, 234-239.
3. А.П. Сергиевский. *Автореферат диссертации канд. геол-мин. наук*, 2006, М. **27**.
4. Ю.Н. Николаев, В.Ю. Прокофьев, А.В. Аклеталин и др. *Геология рудных месторождений*, 2013, **54**, №2, 114-144.
5. Крупные и суперкрупные месторождения полезных ископаемых: *Глобальные закономерности размещения*, 2006, **1**, М., 392
6. Крупные и суперкрупные месторождения полезных ископаемых: *Зональность размещения и условия образования*. (под ред. Академика Д.В. Рундквиста), 2004, М., 431.
7. J. Kutina. *Global Tekt. and Metalog.* 1991, **1-2**, 21-51.
8. C.W. Burnham. *Geochimistry of Hydrothermal ore Deposites*, 1979, 71-136.
9. J.R. Holloway. *Geol. Sol. Amer. Bull.* 1976, **87**, 1513-1518.
10. G.L. Munoz. *Rev. Miner.* 1984, **13**, 469-493.
11. В.Г. Сахно, Ю.А. Кузнецов, Н.Н. Баринов и др. *Доклады Российской Академии наук*, 2014, **454**, №3, 305-309.
12. А.Н. Глухов. *Вестник СВНЦ ДВО РАН*, 2008, **3**, 34-45.
13. А.В. Волков, В.Ю. Прокофьев, Н.Е. Савва, А.А. Сидоров, М.А. Бянкин, К.В. Уютнов, Е.Е. Колова. *Геология рудных месторождений*, 2012, **54**, № 4, 350-359.
14. В.С. Кривцов, В.Ф. Белый, А.В. Волков и др. *Доклады Российской Академии наук*, 2005, **404**, №2, 216-219.
15. Прокофьев В.Ю., Волков А.В., Сидоров А.А., Савва Н.Е., Колова Е.Е., Уютнов К.В., Бянкин М.А. *Доклады Российской Академии наук*, 2012, **447**, № 4, 433-436
16. С.С. Вартамян, Д.А. Лоренц, А.П. Сергиевский и др. *Отечественная геология*, 2005, **4**, 10-16
17. Г. Фор. *Основы изотопной геологии*, 1989, М. Мир, 590.
18. В.В. Дистлер, Ю.П. Диков, М.А. Юдомская и др. *Доклады Российской Академии наук*, 2008, **280**, №2, 217-220.

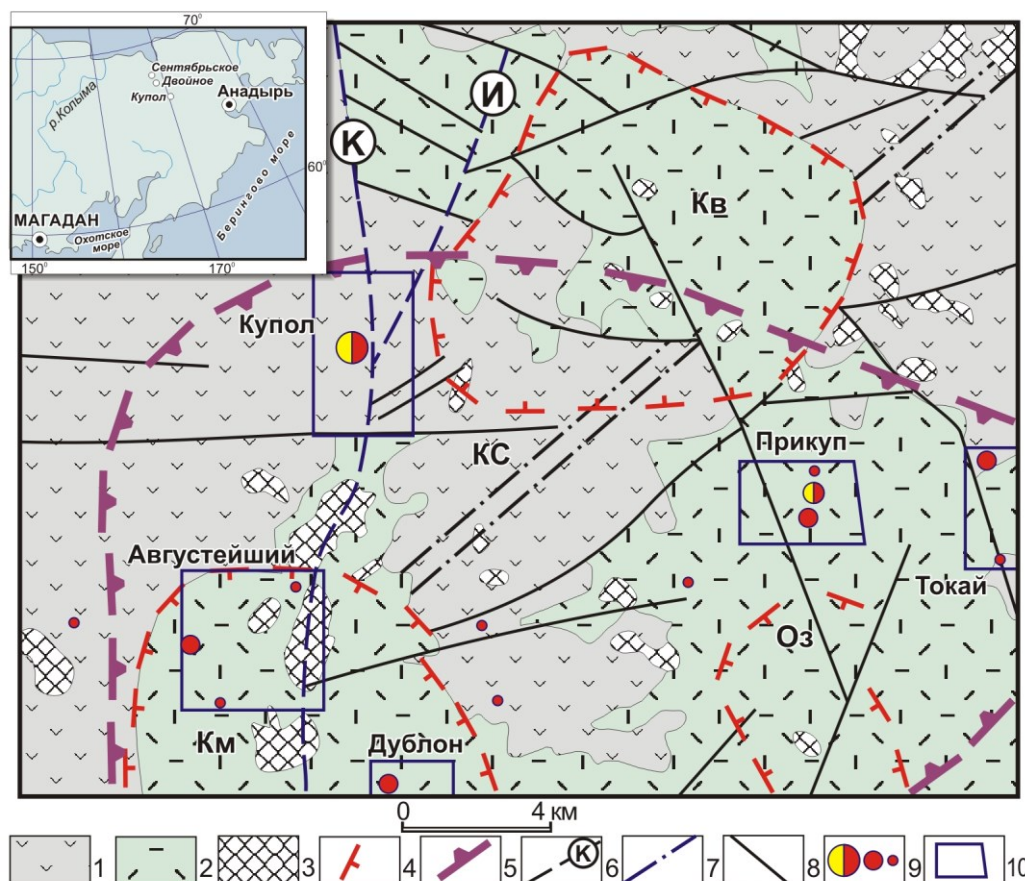


Рис. 1 . Структурно-металлогеническая схема Купольского рудного узла.

1 – лавы и туфы андезитов и андезибазальтов средней толщи верхнего мела; 2 – игнимбриты, туфы и лавы риолитов верхней толщ верхнего мела; 3 – интрузивные и субвулканические тела различного состава; 4 – границы палеокальдеров (Кв - Коваленковской. Оз -Озернинской, Км - Кайемравеемской); 5 – контур Купольского рудного узла (К). 6 – осевые зоны региональных глубинных разломов (К – Средне-Кайемравеемского, И – Имравеемского); 7 – осевая зона Крестовско-Саламихинского трансрегионального глубинного разлома (КС); 8 – прочие разрывные нарушения; 9 – месторождения (а), рудопроявления (б) и пункты минерализации (в) золота и серебра; 10 – контуры перспективных участков;

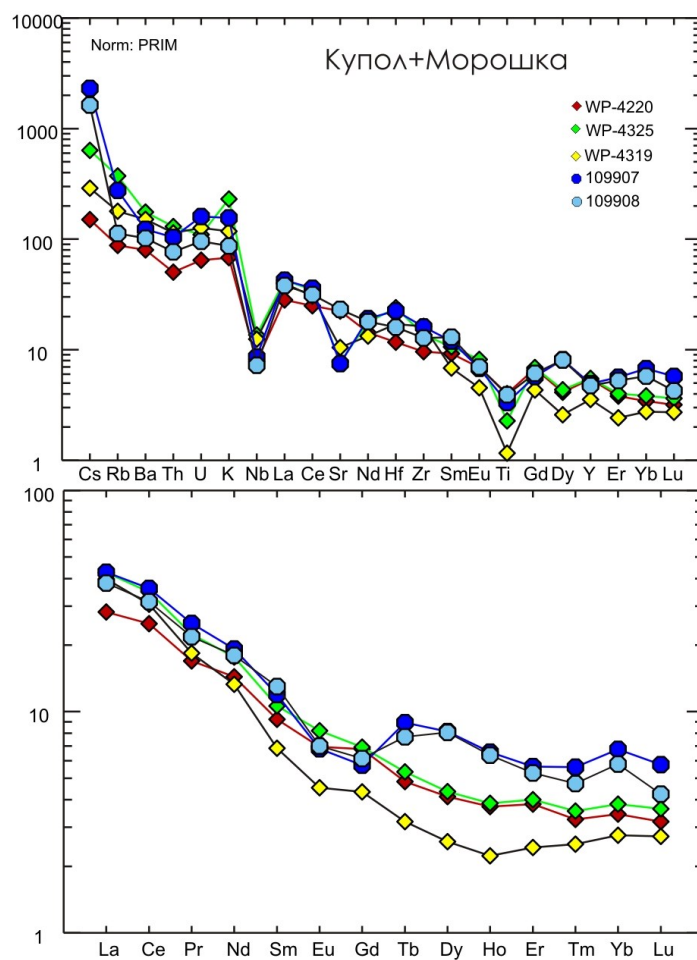


Рис.2. Мультикомпонентная диаграмма микро-и редкоземельных элементов месторождений Купол, Морошка Западной Чукотки

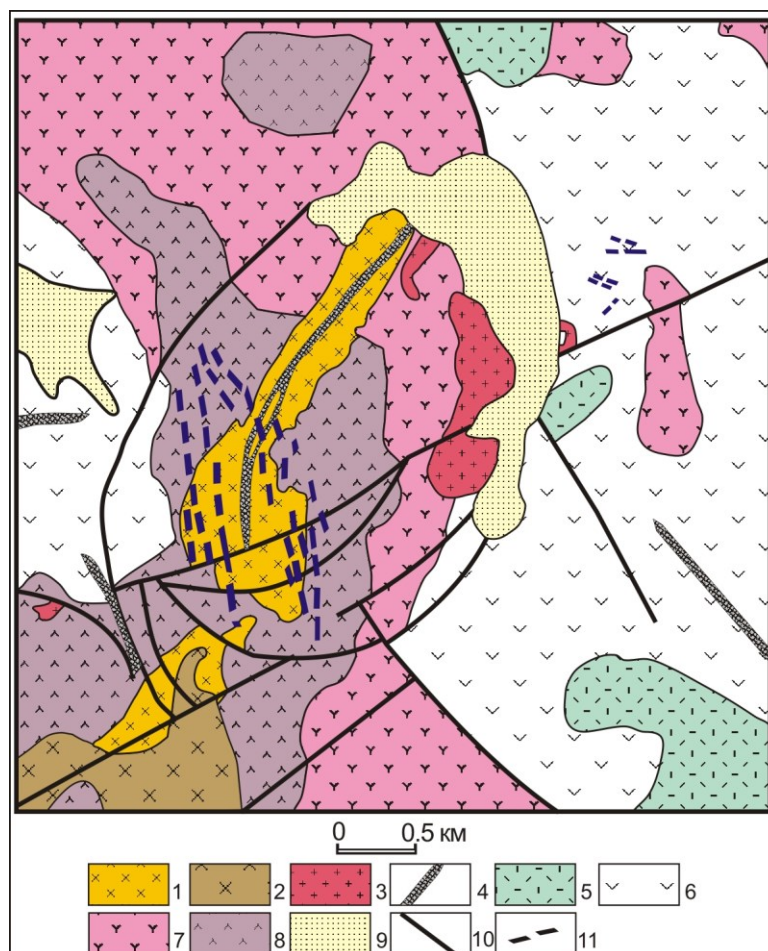


Рис.3. Геологическое строение рудопоявления Сентябрьское (по Г.Ф. Журавлеву, 1999 г.).

1-4 – и интрузивные образования илирийского комплекса позднемелового возраста: 1 – кварцевые монзониты, 2 – гранодиориты, 3 – гранит-порфиры, 4 – дайки граносиенит-порфира; 5 – субвулканические тела риолитов тытыльвеевского комплекса; 6-8 – тытыльвеевская свита: 6 – андезиты и андезибазальты, нижняя подсвита; 7 – риолиты, дациты и их туфы, средняя подсвита; 8 – андезиты, их кластолавы и туфы, верхняя подсвита; 9 – четвертичные отложения; 10 – разрывные нарушения; 11 – кварцевые жилы и кварцевые прожилки рудных зон.



Рис.4. Схема геологического строения месторождения «Двойное» [1].

1 – гранитоиды илирнейского магматического комплекса; 2 – андезиты тытельвеевской свиты; 3-4 – дациты, риолиты и туфы. 5 – рудные зоны Au-Ag рудопроявлений.

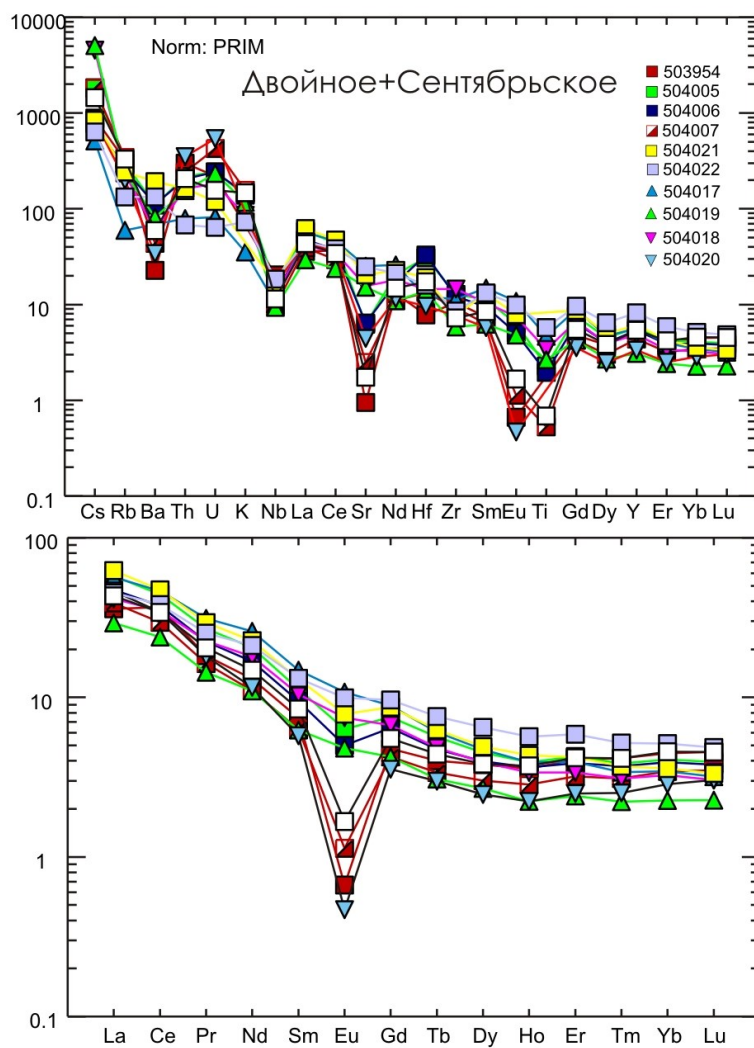


Рис.5.Мультикомпонентная диаграмма микро-и редкоземельных элементов месторождений Двойное, Сентябрьское Западной Чукотки.

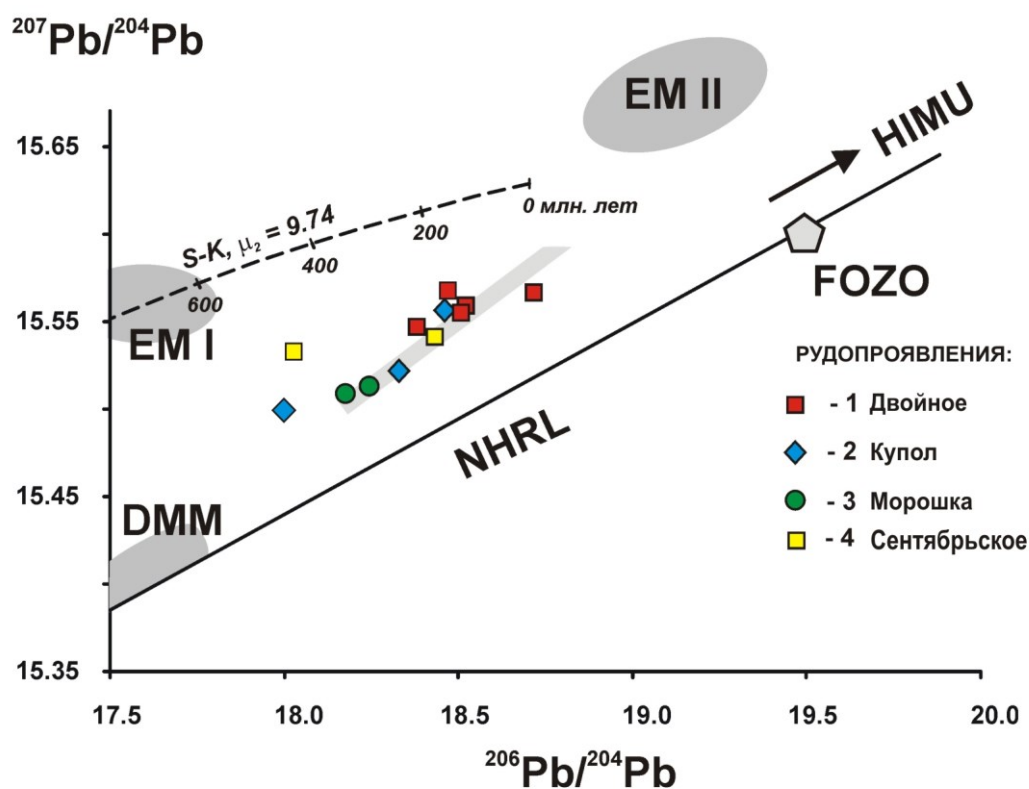


Рис. 6. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ изотопные исследования магматических пород месторождений и рудопроявлений Западной Чукотки.

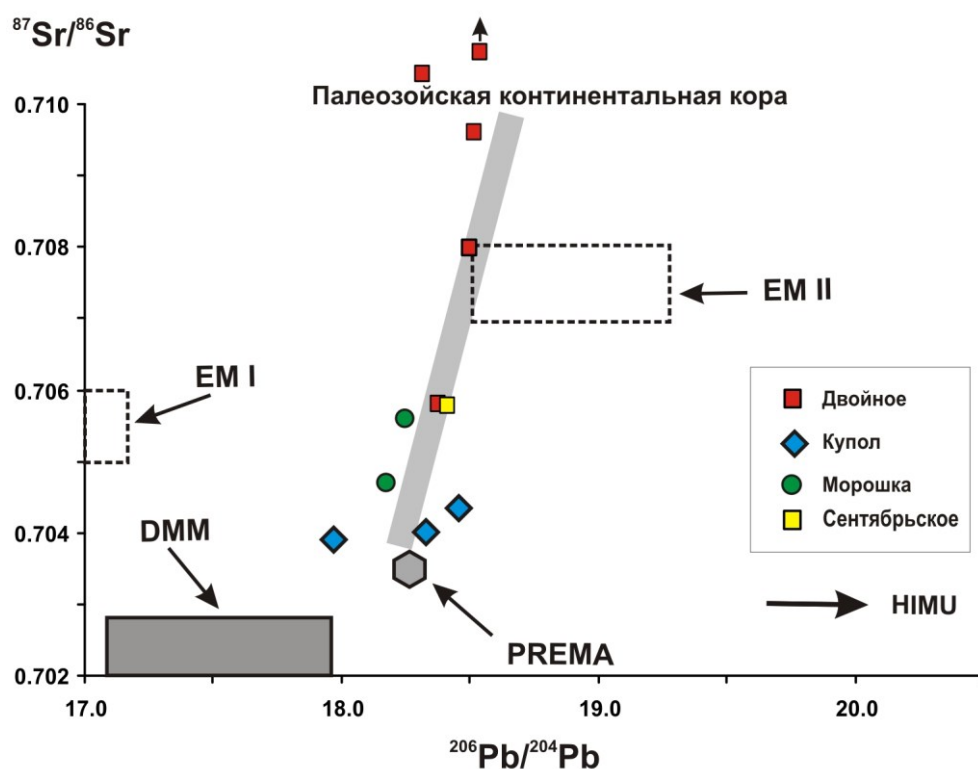


Рис. 7. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ изотопные исследования магматических пород месторождений и рудопроявлений Западной Чукотки.

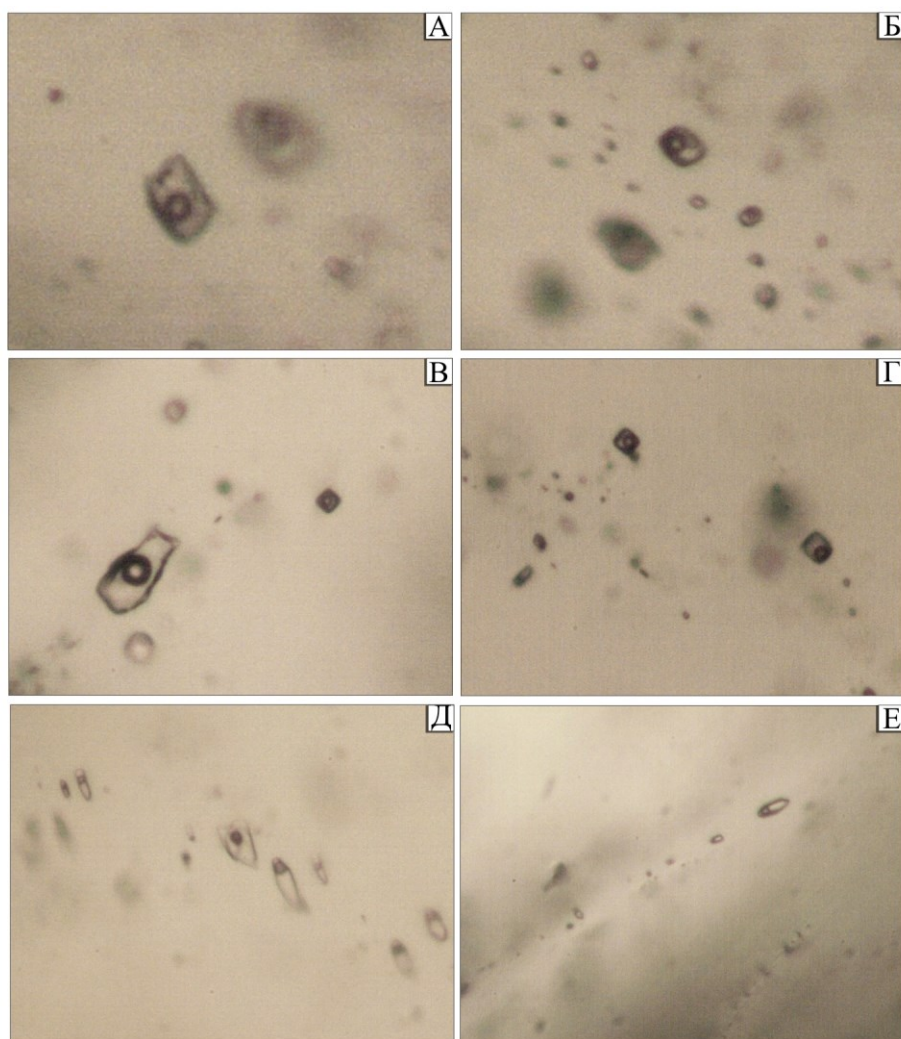


Рис. 8. Типичные флюидные включения в кварце: А,Б – Сентябрьское, В, Г – Двойное, Д, Е – Купол

Таблица. 1. Петрохимические (масс.%) и микро- и редкоземельные РРМ магматических пород золото-серебряных месторождений Западной Чукотки.

	Купол			Двойное									Сентябрьское				Морошка		
	WP - 4220	WP - 4325	WP - 4319	50395 4	50400 5	50400 6	50400 7	50400 8	50401 0	50402 1	50402 2	50402 5	50401 7	50401 8	50401 9	50402 0	10990 7	109908	
SiO2	56,6 2	67,0 2	71,7 8	76,73	67,99	68,74	75,39	60,47	68,44		65,39	56,28	76,30	50,57	60,69	63,09	75,80	61,86	56,41
TiO2	0,76	0,43	0,22	0,09	0,43	0,37	0,10	0,66	0,45	0,69	1,09	0,13	0,88	0,64	0,50	0,09	0,63	0,74	
Al2O3	16,1 2	15,1 1	14,3 2	11,75	14,82	14,05	12,79	14,59		14,31	15,09	17,31	12,16	16,67	14,67	14,05		15,27	16,00
Fe2O3	7,52	3,63	2,14		3,26	3,24	1,32	6,59		2,83	4,89	7,67	1,70	8,21	6,53	4,64		5,58	7,47
MnO	0,15	0,03	0,04	0,02	0,08	0,09	0,04	0,09	0,02	0,03	0,13	0,03	0,16	0,10	0,07		2,39	5,58	7,47
MgO	4,52	0,37	0,20	0,08	0,68	0,55	0,17	3,13	0,56	1,86	4,07	0,23	4,21	2,53	1,54	0,14	1,76	3,60	
CaO	6,02	1,23	1,24	0,37	1,42	1,76	0,66	0,89	0,52	2,58	7,18	0,55	7,15	2,42	3,69	0,85	3,45	5,58	
Na2O	2,97	2,18	4,09		3,60	3,73	2,40	0,01			2,76	2,39	4,54	2,80	2,15		0,87	2,35	
K2O	2,19	7,42	3,80	3,71					0,29	3,46						3,61			
K2O	2,19	7,42	3,80	5,39	4,48	4,63	5,02	6,67	9,60	3,60	2,35	4,74	1,14	2,75	3,75	3,85	5,02	2,79	
P2O5	0,23	0,13	0,04	0,02	0,13	0,10	0,01	0,18	0,09	0,22	0,30	0,04	0,47	0,23	0,22	0,02	0,19	0,26	
H2O	0,58	0,49	0,75	0,25	0,31	0,24	0,31	0,64	0,32	0,20	0,29	0,33	0,30	0,91	0,69	0,12	0,71	0,50	
mm	2,07	1,55	1,16	0,48	2,46	2,05	1,61	5,64	2,39	1,96	0,31	1,27	5,28	5,49	5,21	0,71	4,14	4,00	
Σ	99,7 5	99,6 0	99,7 8	100,1 6	99,65	99,54	99,81	99,56	99,81	99,96	99,74	99,86	99,57	99,76	99,60		99,54	99,61	99,83

Li	8,78	28,5 1	23,5 6	23,70	30,55	47,10	22,89	75,02	27,08	47,77	23,30	23,60	78,51	60,07	36,84	23,56		
Be	1,31	1,87	1,89	3,12	3,03	2,54	2,67	2,30	2,46	2,43	1,54	2,08	1,60	1,69	1,73	1,73	0,79	0,61
Sc	21,9 1	11,6 5	2,99	3,02	6,16	5,29	3,04	25,64	8,35	11,49	24,45	3,86	22,63	14,37	13,17	2,34	16	21
V	194, 3	37,5 8	17,8 4	9,16	33,12	38,16	18,07	208,1	55,45	74,59	162,7	17,48	197,7	115,6	107,3	32,88	92,45	121,6
Cr	189, 7	50,6 3	148, 1	159,3	360,9	486,0	340,1	292,2	417,6	140,1	286,5	203,2	113,7	166,2	325,6	797,5	209,8 4	140,8
Co	25,2 6	4,22	2,06	1,20	4,03	4,69	2,13	19,27	5,98	7,75	14,46	1,72	23,57	13,64	14,25	3,95	8,17	13,27
Ni	51,7 0	3,34	9,48	4,76	9,63	11,48	8,51	28,91	13,07	5,15	8,50	8,44	34,79	11,14	22,84	19,66	6,66	11,30
Cu	38,1 1	5,09	3,68	2,54	7,19	17,13	4,20	51,70	27,42	20,19	12,14	3,62	73,47	30,39	21,62	25,67	33,78	33,12
Zn	86,6 8	61,0 4	43,6 4	26,30	63,11	61,88	12,48	55,59	31,78	28,41	83,96	26,81	81,94	82,89	50,93	24,63	59	81
Ga	17,1 5	16,7 5	14,6 8	15,42	18,15	15,67	10,59	17,17	15,77	18,51	18,82	11,65	18,62	17,16	13,49	9,45	13,94	14,52
As	9,39	8,50	2,94	3,51	4,39	13,16	2,97	30,86	55,66	9,54	1,84	5,32	24,76	7,60	9,06	11,87	98,12	7,83
Rb	48,8 2	207, 1	99,2 3	178,9	165,5	143,3	190,6	477,3	405,5	134,6	74,12	184,3	33,40	127,5	131,9	111,1	153,0	62,45
Sr	423, 0	147, 0	198, 0	17,71	118,3	120,8	47,10	76,35	90,14	386,4	470,0	32,92	476,2	296,0	286,3	83,86	142	439
Y	21,1 2	21,5 2	13,8 6	20,92	22,29	21,31	16,95	21,55	25,02	24,36	31,53	21,20	21,93	18,69	12,43	13,21	19,26	18,48
Zr	94,0 3	235, 3	159, 7	109,2	318,3	308,9	90,4	164,3	316,1	182,9	146,4	135,1	133,3	105,5	74,65	157,7	124,7	
Nb	5,10	8,84	8,12	13,28	9,83	8,38	6,31	7,57	13,63	10,8	11,95	7,41	6,64	8,68	6,08	10,12	5,59	4,72
Mo	7,27	4,06	10,8 7	12,21	23,52	34,36	22,21	14,29	31,66	8,21	15,14	13,61	4,18	11,99	25,82	53,77	20,99	10,36
Cd	0,28	0,09	0,10	0,01	0,15	0,17	н.п.о.	0,18	0,18	0,04	0,15	0,03	0,09	0,13	0,10	0,09	0,16	0,12
Sn	1,35	1,62	1,32	1,77	3,99	8,71	2,03	2,01	2,71	2,77	1,43	3,36	1,41	1,76	1,22	1,35	1,33	0,76
Cs	1,05	4,44	2,02	6,22	12,92	5,45	12,66	57,89	18,36	5,90	4,43	10,15	3,57	31,92	35,36	5,89	16,16	11,46
Ba	501, 9	1102	949, 9	143,2	683,6	694,9	274,1	255,0	637,3	1203	833,2	369,5	431,5	374,2	510,4	213,8	771,1	641,1
La	17,8 0	26,7 9	25,0 9	22,61	36,34	35,61	24,60	19,72	28,12	39,25	28,46	27,20	35,60	26,06	18,45	29,27	26,88	24,06
Ce	39,7 9	55,3 3	48,7 1	58,40	70,40	59,49	47,01	44,00	58,70	74,88	60,71	54,08	73,73	55,63	37,87	54,52	57,35	50,00
Pr	4,26	5,62	4,62	4,58	6,76	5,62	4,09	4,45	6,01	7,39	6,35	5,13	7,85	5,67	3,61	4,53	6,30	5,47
Nd	17,3 8	21,3 8	16,0 8	15,82	24,82	20,28	13,33	17,39	21,20	27,43	25,55	17,93	31,38	21,79	13,28	13,99	23,23	21,76
Sm	3,69	4,24	2,73	2,96	4,49	3,77	2,51	3,52	4,15	5,19	5,26	3,37	5,91	4,17	2,49	2,29	4,77	5,18
Eu	1,04	1,23	0,68	0,10	0,95	0,75	0,17	0,71	0,59	1,18	1,49	0,25	1,62	1,12	0,72	0,07	1,02	1,05
Gd	3,61	3,69	2,31	2,54	4,00	3,43	2,26	3,24	3,69	4,62	5,03	2,94	4,72	3,57	2,26	1,89	3,05	3,27
Tb	0,47	0,52	0,31	0,39	0,55	0,46	0,33	0,46	0,54	0,61	0,74	0,43	0,59	0,47	0,30	0,29	0,87	0,75
Dy	2,73	2,88	1,71	2,50	2,98	2,63	1,99	2,72	3,13	3,25	4,28	2,53	3,11	2,59	1,78	1,63	5,37	5,33
Ho	0,55	0,57	0,33	0,53	0,58	0,54	0,42	0,56	0,64	0,64	0,84	0,55	0,58	0,50	0,33	0,33	0,97	0,94
Er	1,65	1,73	1,05	1,76	1,84	1,67	1,38	1,74	2,03	1,82	2,54	1,81	1,70	1,46	1,04	1,08	2,44	2,28
Tm	0,22	0,24	0,17	0,28	0,26	0,25	0,21	0,26	0,30	0,25	0,35	0,28	0,23	0,21	0,15	0,17	0,38	0,32
Yb	1,52	1,69	1,22	1,97	1,80	1,73	1,52	1,66	2,03	1,58	2,27	2,02	1,52	1,44	1,00	1,26	2,99	2,56
Lu	0,21	0,24	0,18	0,30	0,26	0,25	0,23	0,24	0,30	0,22	0,32	0,30	0,21	0,20	0,15	0,20	0,38	0,28
Hf	3,27	6,74	4,77	2,18	8,63	9,22	3,74	4,97	10,80	5,37	4,86	4,85	3,40	4,08	3,88	2,70	6,29	4,47
Ta	0,41	0,91	0,85	1,18	1,08	1,00	1,64	0,61	1,19	1,24	1,11	1,28	0,38	0,59	0,63	1,13	0,71	0,52
W	4,02	2,46	5,59	6,22	13,76	16,88	11,28	7,37	15,16	8,34	8,21	6,97	2,50	6,34	13,63	25,36	11,62	7,99
Pb	12,3 7	18,4 6	15,0 8	25,89	31,69	40,41	25,92	24,96	35,03	12,37	12,39	20,40	6,91	15,45	31,14	88,13	12,97	15,53
Th	4,42	11,4 2	10,0 0	26,40	19,19	18,10	21,26	14,95	29,66	14,32	5,99	18,17	6,95	14,35	13,62	30,81	9,16	6,78
U	1,42	2,42	2,78	4,81	5,35	5,33	9,40	5,38	10,37	2,63	1,41	3,42	1,80	4,01	5,15	11,87	3,53	2,11

Примечание: Определения содержания петрогенных элементов выполненных в аналитическом центре Дальневосточного Геологического института ДВО РАН методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре iCAP 6500Duo (Thermo Scientific Corporation, США).

Определение микро- и редкоземельных элементов выполнено на масс-спектрометре Agilent 7700 x (Agilent Technologies, США).

Таблица 2. Возраст магматических рудоносных комплексов золото-серебряных рудно-магматических систем Арктического побережья Северо-Востока Азии (млн лет).

Месторо- ждение	Номер образца	порода	K-Ar **	U-Pb (SHRIMP)*
Купол	WP-4220	Диорит	94,5±2	–
	WP-4319	Риолит (флюид.покров)	89,5±2	–
	WP-4325	Дацит (туф)	89,7±2	94,8±1,4
	F – 2	Риолит (дайка)	–	87,76±0,79
	F – 3	Риолит (дайка)	–	88,89±0,81
	F – 4	Риолит (дайка)	90,0±2	88,98±0,89
Двойное	504005	Сиенит (ниж.силл)	–	119±1,1
	504007	Риолит (дайка)	86,5±2	–
	504021	Гранит-риолит (илирнейск)	98,0±3	96,06±0,98
	504022	Диорит	93,0±2	–
	504025	Гранит (дайка)	–	121,25±9,2
	503954	Гранит (илирнейск. 3-я фаза)	–	118,8±1,1
	504010	Дацит (дайка)	93,0±	–
Моро- шка	109907	Дацит	87,6±3	95,2±1,7
	109908	Андезит (покровный)	93,7±2	–

Таблица 3. Pb-Pb данные для магматических пород

Месторо- ждение	Номер образца	порода	U, мкг/г	Th, мкг/г	Pb, мкг/г	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	Начальные отношения Pb		
									$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
Купол	WP-4220	диорит	5.8	10	11	18.5522	15.5215	38.2798	17.9922	15.4947	37.9992
	WP-4325	дацит, туф	2.3	7.9	14	18.6268	15.5645	38.4577	18.4609	15.5566	38.2921
	WP-4319	риолит, покров.	2.4	4.7	13	18.5144	15.5311	38.2668	18.3288	15.5222	38.1612
Двойное	503954(КПШ)	гранит	0.17	0.76	28	18.5123	15.5547	38.3066	18.5063	15.5544	38.2988
	504022	диорит	0.54	1.4	9	18.8443	15.6000	38.5804	18.7814	15.5970	38.5330
	504006	сиенит	4.7	14	52	18.4728	15.5510	38.3370	18.3828	15.5467	38.2577
	504020	риолит	7.0	21	14	18.9457	15.5698	38.7128	18.4169	15.5445	38.2525
	504025	гранит, дайка	2.7	13	12	18.7435	15.5697	38.6237	18.5202	15.5590	38.3157
Сентябрь- ское	504018	андезит	5.1	15	6.0	18.9868	15.5755	38.7823	18.0715	15.5316	38.0000
Моро- шка	109908	дацит	5.6	20	22	18.4842	15.5241	38.2718	18.2427	15.5126	38.0211
	109907	дацит	2.8	8.5	6.1	18.6054	15.5302	38.3642	18.1752	15.5097	37.9820

Примечание: Определение изотопов свинца и стронция проводилось в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН (г. Москва).

Таблица 4. Rb-Sr данные по валовым пробам магматических пород.

Месторо- ждение	порода	Номер пробы	Rb, мкг/г	Sr, мкг/г	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, ±2σ	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, ±2σ
Купол	Диорит	WP-4220	54.3	460	0.341±1	0.704244±14
	Туф	WP-4325	243	133	5.269±11	0.711086±14
	риолит	WP-4319	116	174	1.929±4	0.706464±14
Двойное	гранит	503954	214	25.5	24.26±5	0.745301±14
	сиенит	504006	121	98	3.596±7	0.710347±14
	риолит	504020	113	89.2	3.672±7	0.710744±14
	диорит	504022	69.0	528	0.378±1	0.707794±14
	Гранит, дайка	504025	209	40.2	15.03±3	0.728304±14
Сентябрьское	андезит	504018	151	366	1.196±3	0.706684±14
Морошка	дацит	109907	201	117	4.98±1	0.705843±14
	андезит	109908*	115	402	0.827±2	0.705051±14

Таблица 5. Результаты определения изотопов гафния в цирконах магматических комплексов золото-серебряных рудно-магматических систем (РМС) месторождений Арктической зоны Западной Чукотки.

Образец			176Yb/ 177Hf	Err	176Lu/ 177Hf	Err	176Hf/ 177Hf	Err	176Yb/ 177Hf*	Err
Купол	F - 4	3-1	0,0310997	0,0022450	0,0018726	0,0000467	0,2831126	0,0000374	0,045	0,003
		5-1	0,0228712	0,0011140	0,0013962	0,0000197	0,2830083	0,0000377	0,033	0,002
		7-1	0,0365058	0,0017625	0,0024894	0,0000508	0,2830764	0,0000688	0,053	0,003
		8-1	0,0158099	0,0013093	0,0007750	0,0000165	0,2831035	0,0000487	0,023	0,002
		9-1	0,0216638	0,0003887	0,0010843	0,0000063	0,2830357	0,0000309	0,032	0,001
	WP - 4325	10-1	0,0096145	0,0002576	0,0005475	0,0000027	0,2829299	0,0000375	0,014	0,000
		2-1	0,0226114	0,0011881	0,0017863	0,0000289	0,2828668	0,0000287	0,033	0,002
		7-1	0,0216544	0,0001019	0,0011275	0,0000136	0,2829316	0,0000323	0,031	0,000
		8-1	0,0181262	0,0008137	0,0012517	0,0000166	0,2828765	0,0000274	0,026	0,001
		9-1	0,0216550	0,0010805	0,0016846	0,0000168	0,2829500	0,0000323	0,031	0,002
Двойное	504025	2-2	0,0599928	0,0029945	0,0038472	0,0000955	0,2830423	0,0000626	0,087	0,004
		4-1	0,0387819	0,0028229	0,0024494	0,0000537	0,2830801	0,0000447	0,056	0,004
		3	0,0478222	0,0030864	0,0027955	0,0000263	0,2831471	0,0000480	0,070	0,004
Морошка	109907	10-1	0,0150502	0,0003720	0,0006977	0,0000051	0,2830204	0,0000329	0,022	0,001
		2-1	0,0220042	0,0006211	0,0010124	0,0000058	0,2830523	0,0000326	0,032	0,001
		6-1	0,0183476	0,0008400	0,0008479	0,0000081	0,2829970	0,0000344	0,027	0,001
		7-1	0,0179002	0,0004949	0,0008205	0,0000021	0,2829909	0,0000397	0,026	0,001
		8-1	0,0222319	0,0003007	0,0010155	0,0000097	0,2830217	0,0000239	0,032	0,000

Примечание: При измерении Lu/Hf и Yb/Hf отношений в качестве концентрационного стандарта использован циркон 91500 (международный стандарт). $\text{Yb} = 55 \text{ ppm}$, (результат международной сверки методом SIMS). В дополнительной колонке $^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}^{**}$ приведен расчет с использованием значения концентрации $\text{Yb} = 80 \text{ ppm}$ (результат международной сверки методом LA-ICPMS). Выделенные линией определения выходят за пределы отношения Yb/Hf в контрольных стандартах, возможна дополнительная погрешность.

Таблица 6. Результаты исследования флюидных включений в кварце месторождений Купол, Двойное, Сентябрьское

рудопроявление	№ пробы	тип включений	n	$T_{\text{гом}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{пл. льда}}, ^\circ\text{C}$	Ссолей, масс. %-экв. NaCl
Купол	923-455	первичные	2	232	-1.4	2.41
	816-485	первичные	1	230	-1	1.74
		первичные	1	237	-0.7	1.23
		первичные	21	225-331	-1.4	2.41
		вторичные	5	234	-0.8	1.4
		вторичные	2	232	-0.8	1.4
Двойное	504-011	первичные	1	270	-0.1	0.18
		первично-вторичные	1	200	-1.4	2.41
	504-009	первичные	5	251	-0.6	1.05
		П-В	4	195	-0.6	1.05
	504-023	первичные	5	290	-1.2	2.07
Сентябрьское	504-015	первичные	5	302	-0.1	0.18
		первичные	3	280	-0.2	0.35
		первично-вторичные	6	269	-1.7	2.9
		первично-	3	220	-2	3.39

		вторичные				
--	--	-----------	--	--	--	--

Примечание: n – число измерений.

Таблица. .

Микроэлементный состав рудных зон месторождений Двойное, Сентябрьское и Купол (PPM).

элементы	504009	504011	504012	504024	504016	920-410N	919-410N	922-515	914-560	916-485	р.т.1-2923-530	1-2923-530s
	Двойное				Сентябрьское	Купол						
Li	48,5	73,2	86,0	36,0	39,6	52,0	60,1	79,5	83,6	93,4	34,7	104,3
Be	1,20	0,78	1,02	0,84	1,10	1,45	0,71	1,01	1,44	0,79	0,68	0,99
Sc	0,1	0,7	13,7	13,1	21,3	1,3	0,4	6,8	0,6	1,1	6,1	1,8
V	14,0	16,8	76,1	53,1	169,6	27,6	21,0	73,6	24,8	17,5	70,9	43,2
Cr	216,6	364,2	214	218,6	138,1	513	531	244,4	586,6	463,7	669,6	697,4
Co	1,1	1,9	13,6	8,6	18,5	8,5	2,7	2,1	2,8	2,1	3,6	3,5
Ni	9	11,6	19,5	14,1	16,5	22,7	27,3	12	16,5	18,8	26,4	23,4
Cu	9434	32	35	1484	74	331	9	124	40	13	68	177
Zn	1683	90,7	58,8	269,3	75,4	171,2	22,2	139,3	57,6	20,4	8,2	13,6
Ga	7,12	2,48	8,52	6,02	13,52	6,10	1,26	6,60	2,67	2,57	7,23	2,42
As	93,6	4,8	16,6	15,2	38,5	306,3	20,8	3250	256,2	250,1	1100	556,8
Rb	159,3	114,9	302,0	268,9	37,5	1,5	8,8	31,1	6,7	11,5	156,8	10,9
Sr	290,6	34,6	119,6	166,4	341,5	5,8	18,7	33,4	11,3	13,3	39,9	92,8
Y	0,6	0,8	10,9	10,2	7,2	6,5	0,8	3,4	0,6	0,6	9,2	2,1
Zr	0,5	7,1	73,4	67,6	71,5	0,4	0,4	15,5	0,3	0,6	43,5	1,8
Nb	0,06	0,47	3,58	2,98	3,68	0,12	0,13	0,92	0,14	0,11	1,91	0,23
Mo	10,1	21,6	10,9	31,9	7,5	28,2	30,3	26,7	33,8	22,3	41,7	41,0
Cd	58,87	0,68	0,20	1,45	0,51	0,61	0,23	1,24	0,28	0,41	0,16	0,16
Sn	0,15	0,53	1,16	4,24	1,16	0,62	0,36	0,42	0,39	0,28	0,87	0,48
Cs	12,2	6,1	10,7	11,4	13,7	1,8	6,1	9,5	4,9	5,4	8,2	6,0
Ba	130,5	115,2	355	860,8	560,5	3,8	14,6	84,4	9	16,1	164,5	14,9
La	0,2	1,0	12,7	12,7	9,1	1,0	0,2	9,1	0,3	0,2	8,8	0,5
Ce	0,2	2,1	26,9	26,0	19,2	2,1	0,5	19,2	0,6	0,4	18,2	1,4
Pr	0,03	0,23	3,22	3,30	2,33	0,35	0,068	1,96	0,087	0,058	2,11	0,27
Nd	0,11	0,86	12,72	12,98	9,87	2,00	0,35	6,81	0,42	0,34	8,09	1,77
Sm	0,16	0,15	2,65	3,00	2,73	0,77	0,106	1,99	0,117	0,112	1,68	0,76
Eu	0,019	0,042	0,54	0,55	0,84	0,27	0,034	0,48	0,084	0,045	0,50	0,19
Gd	0,05	0,16	2,63	3,03	2,49	1,19	0,16	1,90	0,16	0,14	1,71	0,83
Tb	0,011	0,024	0,390	0,45	0,37	0,20	0,024	0,27	0,023	0,025	0,27	0,13
Dy	0,08	0,14	2,25	2,50	1,77	1,16	0,14	1,25	0,14	0,14	1,80	0,67
Ho	0,018	0,029	0,473	0,595	0,326	0,233	0,027	0,215	0,025	0,027	0,378	0,12
Er	0,05	0,09	1,44	1,50	0,90	0,60	0,08	0,59	0,06	0,07	1,14	0,28
Tm	0,007	0,012	0,217	0,224	0,130	0,077	0,010	0,077	0,008	0,008	0,163	0,032
Yb	0,04	0,09	1,41	1,49	0,85	0,45	0,05	0,51	0,04	0,05	1,12	0,18
Lu	0,008	0,013	0,228	0,218	0,133	0,068	0,008	0,073	0,007	0,008	0,172	0,020
Hf	0,030	0,25	2,68	2,47	2,45	0,016	0,014	0,59	0,010	0,021	1,64	0,079
Ta	0,003	0,060	0,36	0,38	0,37	0,008	0,009	0,084	0,006	0,008	0,187	0,022
W	6,4	20,6	11,7	14,2	7,9	27,6	19,4	21,0	37,2	25,4	38,9	24,5
Tl	2,01	1,60	4,17	3,72	2,95	0,046	0,19	1,57	0,51	0,53	4,58	0,64
Pb	441,1	48,34	21,70	244,2	22,81	30,66	7,81	360,4	29,72	9,22	38,65	62,73
Th	0,02	1,07	10,76	7,31	8,91	0,01	0,02	1,05	0,02	0,02	3,03	0,16
U	0,26	0,36	3,93	4,28	2,34	0,16	0,05	1,38	0,02	0,03	1,33	0,64

Примечание: Определение содержания элементов выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Agilent 7500 c(Agilent Tech, США), Свидетельство о поверке № 02464 от 11 ноября 2014 г. Анализ ИСП-МС выполнили м.н. с. Еловский Е. В. Пробоподготовка - открытое кислотное разложение. Аналитик Каминская В. Н. Ответственный исполнитель - н.с. Зарубина Н. В.