

DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-104-115
УДК 55.681.3(571.65)

ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И МЕЛОВОЙ ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ ЧУКОТКИ

А. Л. Галямов, А. В. Волков, А. А. Сидоров

ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН
(Москва, Российская Федерация)

Ареалы развития мелового интрузивного магматизма занимают почти всю территорию Чукотки, а состав и формы его проявления тесно связаны с геодинамическими обстановками. Анализ пространственных связей показывает, что ареалы различных по составу меловых интрузий местами совмещены, обозначая приуроченные к блокам мощной литосферы очаговые области с наиболее полным развитием магматизма, приуроченного к глубинным магмоподводящим каналам. Большинство месторождений и рудопроявлений Au локализовано в терригенных флишоидных толщах и гранитоидах и развиты преимущественно в ареалах раннемелового гранитоидного магматизма на мощной коре коллизионного типа. Си-Мо-порфировые месторождения связаны с раннемеловыми и позднемеловыми гранитоидами Олойского и Охотско-Чукотского поясов. Au-Ag эпитермальные месторождения Охотско-Чукотского пояса залегают в вулканогенных комплексах преимущественно в пределах ареалов позднемеловых гранитоидов. В рудах около 700 проявлений концентрации Bi, Hg, Sb, Sn, W в раннемеловых гранитоидах, вулканитах и терригенных породах выше, чем в позднемеловых аналогах. С другой стороны, в позднемеловых породах руды содержат больше Li, Ni, Ag, Zn, Pb, Mn.

Ключевые слова: Арктическая зона, ГИС-анализ, металлогения, геодинамическая обстановка, меловой гранитоидный магматизм, месторождения, прогноз.

Статья поступила в редакцию 21 января 2018 г.

Введение

Чукотский автономный округ (ЧАО) — крайняя северо-восточная и наиболее золотоносная часть Арктической зоны России [1]. Территория округа занимает Чукотский полуостров и ряд островов (Врангеля, Ратманова, Айон, Аракамчечен, Геральда и др.), омывается Восточно-Сибирским, Чукотским и Беринговым морями. Большая его часть находится в восточном полушарии, но сам Чукотский полуостров — в западном. Около половины территории округа расположено за Полярным кругом.

На территории ЧАО, по данным «Чукотнедра», насчитывается более 6 тыс. рудных объектов (месторождений и проявлений) и более 2 тыс. россыпей Au и Sn. Среди них около 4 тыс. коренных проявлений

Au и Ag, более 2 тыс. проявлений цветных металлов (Sn, Cu, Mo, Sb, Hg, Pb, Zn и др.), три десятка проявлений черных и легирующих металлов, несколько десятков радиоактивных проявлений и более ста — редких и редкоземельных элементов. При этом подавляющее число рудопроявлений на территории ЧАО остается неизученным [1; 2].

Ареалы проявления мелового интрузивного магматизма равномерно распространены по всей территории Чукотки (рис. 1). Косвенные указания на генетическую связь оруденения с глубинными источниками магматических флюидов дает анализ пространственных соотношений рудных объектов с ареалами распространения проявлений разновозрастного базитового, гранитоидного и субщелочного магматизма. Ниже приведены результаты такого анализа геологической карты масштаба

© Галямов А. Л., Волков А. В., Сидоров А. А., 2018

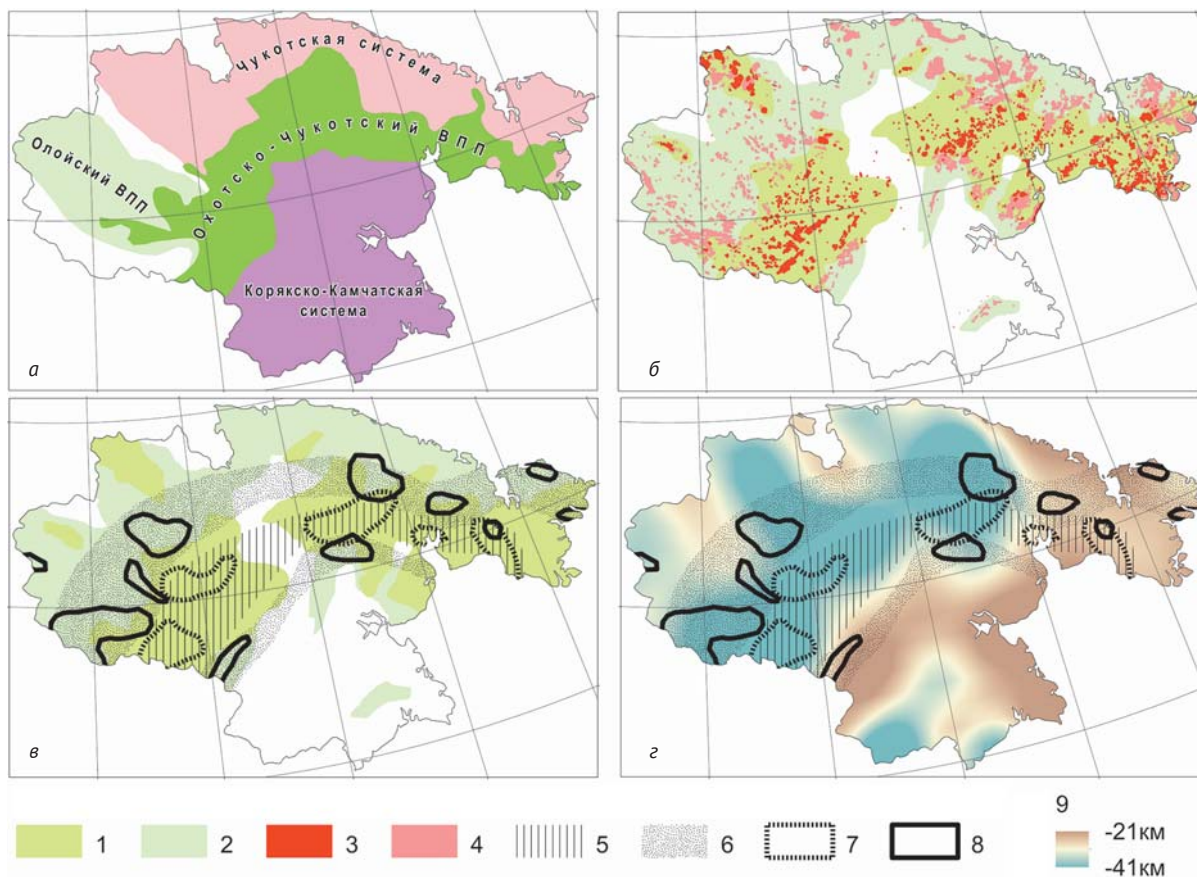


Рис. 1. Ареалы распространения интрузивных образований Чукотки: а – тектоническое районирование, б – ареалы ранне- и позднемелового интрузивного магматизма, в – зоны и очаговые области совмещения ареалов ранне- и позднемелового интрузивного магматизма различного состава, з – соотношение областей совмещения ареалов и мощности литосферы [3]. Ареалы гранитоидов: 1 – позднемеловых, 2 – раннемеловых; гранитоиды: 3 – позднемеловые, 4 – раннемеловые; зоны очагов полного развития магматизма: 5 – позднемелового, 6 – раннемелового; очаговые области полного развития магматизма: 7 – позднемелового, 8 – раннемелового, 9 – поверхность Мохо

1:500 000 и базы данных по рудным проявлениям благородных и цветных металлов, составленных «Чукотнедра» (2007 г.), пространственно привязанных материалов по геологии и минералогии месторождений, открытых гравиметрических и магнитометрических карт, результаты проекта GOCE [3] при использовании стандартных ГИС-технологий пакета ARCGIS ESRI.

Настоящая публикация подготовлена в рамках нового проекта Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН «Фундаментальные основы прогноза и поисков месторождений цветных и благородных металлов в Арктической зоне России» и продолжает серию статей [4—9], посвященных минеральным ресурсам Арктики.

Особенности геологического строения и магматизма Чукотки

Геологические структуры Чукотки входят в область сочленения Евразийского и Северо-Американского континентов. По особенностям формационного

состава и строения коллизионно-аккреционных и субдукционных террейнов здесь выделяют Чукотскую и Корякско-Камчатскую складчатые системы (пояса), Охотско-Чукотский (ОЧВП) и Олойский (ОВП) вулканоплутонические пояса (см. рис. 1а). В современной геологической структуре наиболее развиты постаккреционные пояса, почти полностью перекрывающие более древние структуры.

Чукотская складчатая система принадлежит к коллизионному поясу обрамления континентальных массивов. Образование терригенных комплексов, слагающих Чукотскую складчатую область, происходило в условиях пассивной окраины Арктического континента. Докембрийское кристаллическое основание выходит на поверхность на крайнем востоке Чукотки. Складчатая система сформировалась в основном на коре континентального типа и включает в себя несколько структур, хорошо выраженных в глубинном разрезе: Анюйскую складчатую зону, Раучуанский прогиб, Чаунскую складчатую зону. С другой стороны, тектонические блоки в Корякско-Камчатской складчатой области представлены

фрагментами островодужных систем, океанической коры и океанического ложа.

Ареалы проявления мелового интрузивного магматизма занимают почти всю территорию Чукотки, а состав и формы его проявления тесно связаны с геодинамическими обстановками. Раннемеловые гранитоиды, распространенные в основном в пределах Чукотского и Корякско-Камчатского поясов, могут быть отнесены к доаккреционному комплексу вулканоплутонических ассоциаций энсиматических островных дуг или надсубдукционных офиолитовых комплексов [10]. Интрузивные образования комплексов представлены преимущественно кварцевыми диоритами, тоналитами, плагиогранитами известково-щелочной серии и, возможно, имеют непосредственно мантийный источник. В Чукотском складчатом поясе локализованы интрузивы габбро-диорит-гранодиоритового, гранодиорит-гранитного (монзонит-гранитного), гранит-лейкогранитного и габбро-сиенитового комплексов [11], сформировавшихся в позднеюрско-раннемеловой, раннемеловой и позднемеловой этапы. В петрохимическом отношении породы Тауреранского комплекса, расположенного в Чукотском поясе, принадлежат к нормальному и умеренно-щелочному петрохимическому ряду калиево-натриевого типа щелочности, являются высокоглиноземистыми и сопоставимы с гранитоидами коллизионных зон [12]. Возраст, определенный К-Аг методом, колеблется от 82 до 140 млн лет. Изотопный возраст, определенный SRIMP-методом по цирконам (ВСЕГЕИ) гранодиоритов тауреранского комплекса, составил $124,3 \pm 0,5$ млн лет.

В ОВП широко представлены ареалы различных по составу раннемеловых интрузивов, которые местами наложены друг на друга. К этим участкам приурочены ареалы развития базитовых интрузивов, обозначая очаговые области с наиболее полным развитием магматизма (см. рис. 1в и 1г). Они располагаются, в частности, среди островодужных вулканоплутонических ассоциаций ОВП и охватывают Егдыгычский интрузивный массив монзонитов и монцодиоритов, в ареале которого размещается порфиоровое месторождение Песчанка. Возраст Егдыгычских пород составляет 139—143 млн лет [13] и подтвержден исследованием U-Pb и Rb-Sr методами [14; 15]. Низкие начальные изотопные отношения стронция и высокие значения ϵNd в монцодиоритах четвертой фазы и метасоматитах на месторождении Песчанка свидетельствуют об отсутствии в них древнего вещества континентальной коры [14]. Островная дуга, обусловившая формирование Егдыгычского комплекса, была заложена на молодом фундаменте возрастом 270—370 млн лет.

Согласно материалам Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья [16 и др.] в зоне сочленения ОВП и Чукотской складчатых систем земная кора имеет сложное строение, мощность гранито-гнейсового

слоя увеличена с 3—6 до 13—14 км. На поверхности Мохо в области сочленения этих систем выделяется узкий (50—60 км) прогиб глубиной до мантии около 47 км [17]. Сравнительно полное развитие магматизма также отмечается в узловом скоплении интрузивов Пегтымельского прогиба, объем вулканических пород которого соответствует крупной вулканоплутонической очаговой ассоциации, где размещаются оловорудные месторождения (Иультинское, Чаанталское, Рассветное и др.). В целом очаговые области в Чукотской системе образуют зону, примыкающую к северному фасу ОЧВП (см. рис. 1в). Аналогичная зона в обрамлении южной границы ОЧВП установлена в пределах Корякско-Камчатского пояса, где отмечаются две крупные очаговые области совместного развития базитов и гранитоидов.

ОЧВП — типичный постааккреционный окраинно-континентальный (краевой) надсубдукционный вулканоплутонический пояс. С вулканидами ОЧВП тесно связаны формации гранодиоритов и гранитов позднемелового возраста. В структуре ОЧВП выделяются внутренняя, внешняя и перивулканическая зоны, различающиеся геодинамической природой подстилающих его террейнов — от офиолитовых поясов до аккреционных призм.

В составе стратифицированного комплекса ОЧВП выделяются три основные вулканические формации [18]: наиболее распространенная базальт-андезитовая, с которой связана комагматичная габбро-диорит-гранодиоритовая формация; дацит-риолитовая, развитая во внутренней зоне (с ней связаны дайкообразные тела игнимбритов с гранитоподобными разностями в подводных каналах); субщелочная дацитовая во внутренней зоне ОЧВП, образующая многочисленные очаговые тектоно-магматические структуры.

Во внутренней (осевой) зоне доминируют окисленные гранитоиды I-типа, а также вулканиды основного состава, сменяющиеся риолитовыми игнимбритами, субщелочными базальтами и трахибазальтами. Во внешней и перивулканической зоне развиты восстановленные гранитоиды S- и A-типов позднемелового возраста, а также субаэральные вулканогенно-осадочные комплексы андезитового и риолит-дацитового состава. Кроме того, в ОЧВП выделяются совмещенные ареалы развития различных по составу позднемеловых и раннемеловых интрузивов, размещающиеся в осевой зоне пояса, которые приурочены к участкам наиболее мощной литосферы (см. рис. 1г). Ранние интрузивные фазы сложены габбро, тоналитами, реже диоритами, поздние — гранитами вплоть до лейкократовых гранитов. Серия гранитоидов представлена двумя ассоциациями — гранит-лейкогранитовой и щелочно-гранитной. Гранодиориты, граниты и лейкократовые граниты преобладают.

Совмещенные ареалы развития различных по составу и возрасту позднемеловых интрузивов размещаются преимущественно в осевой зоне ОЧВП

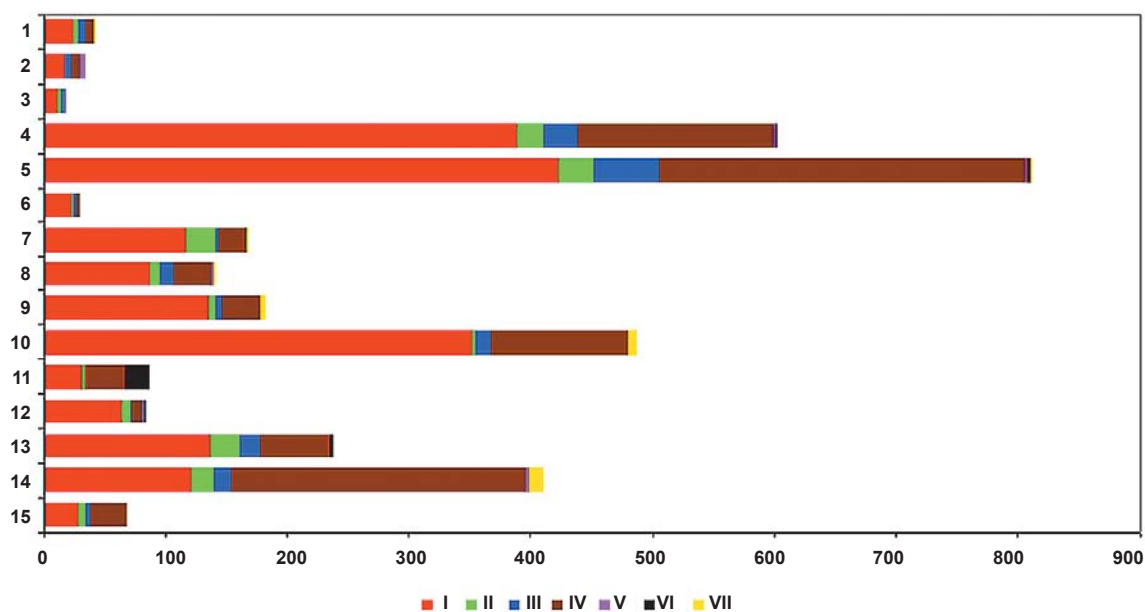


Рис. 2. Количество проявлений благородных, цветных, редких, черных и радиоактивных металлов в различных породных комплексах ЧАО.

Металлы: I — благородные, II — медь, III — свинец-цинк, IV — цветные (Sn, W, Mo и др.), V — редкие, VI — черные, VII — радиоактивные. Вмещающие комплексы: 1 — метаморфические, 2 — карбонатные, 3 — терригенно-карбонатные, 4 — глинистые, 5 — песчаники, 6 — грубообломочные, 7 — базальты, 8 — андезиты и их туфы, 9 — дациты и их туфы, 10 — риолиты и их туфы, 11 — ультрабазиты, 12 — базиты, 13 — диориты, 14 — граниты, 15 — сиениты

(см. рис. 1в). Вместе с раннемеловыми они приурочены к участкам наиболее мощной литосферы (см. рис. 1г) Центральной и Восточной Чукотки [17]. К одному из таких участков приурочен Танюрерский плутон (90×120 км), расположенный в пограничной зоне Центрально-Чукотского сектора и Восточно-Чукотской зоны ОЧВП. Плутон имеет сложное строение и включает образования трех интрузивных комплексов раннего и позднего мела [18]. Возраст пород варьирует от 82,9 до 77,3 млн лет [16]. Структурные взаимоотношения плутонических пород указывают на существование несколько интрузивных фаз от габброидов до лейкогранитов. Большую часть плутона составляют среднезернистые гранодиориты. В составе акцессорных фаз широко распространены циркон, апатит, титаномагнетит, сфен, реже встречаются ортит и ильменит. В породах массива часто встречаются меланократовые включения от гранодиоритов до габбро и монцонитов, что может указывать на захват глубинных ксенолитов основного состава или на смешение магм основного и кислого составов [18]. По петрографическим и геохимическим особенностям породы плутона соответствуют гранитам I-типа, имеющих смешанный корово-мантийный источник магм. При этом выраженный Ta-Nb минимум и обогащение крупноионными литофильными элементами на спайдер-диаграммах указывают на связь Танюрерских гранитоидов с надсубдукционной обстановкой. В целом же геохимические характеристики плутона свидетельствуют

о магматических источниках в верхней континентальной коре.

Формирование очаговых областей с наиболее полным проявлением магматизма подтверждают неоднородность строения ОЧВП, образованного структурными формами различной генетической природы [19]. Проявления магматизма сопровождались формированием тектоно-магматических структур, приуроченных к магмоподводящим каналам. По данным [20], формирование ОЧВП подчинено проницаемыми зонами, большая часть которых — долгоживущие трансрегиональные разломы глубокого заложения (до 200 км).

Пространственные соотношения золоторудных месторождений и мелового гранитоидного магматизма Чукотки

На территории ЧАО вместе с пунктами минерализации насчитывается более 6 тыс. рудных объектов, среди которых только 72 месторождения. В составе золоторудных и Au-содержащих формаций идентифицированы Au-кварцевая жильная в терригенных толщах, Au-редкометальная (Au-Bi), связанная с интрузивами гранитоидов, Au-сульфидная вкрапленных руд (с упорным, невидимым золотом), Au-Ag эпитермальная (низкосульфидизированная), Cu-Mo-Au-порфировая, колчеданно-полиметаллическая (тип Куроко с Au и Ag). К рудным формациям цветных металлов относятся: Ag-полиметаллическая (жильная), скарново-полиметаллическая, кассите-

Изучение и освоение природных ресурсов Арктики

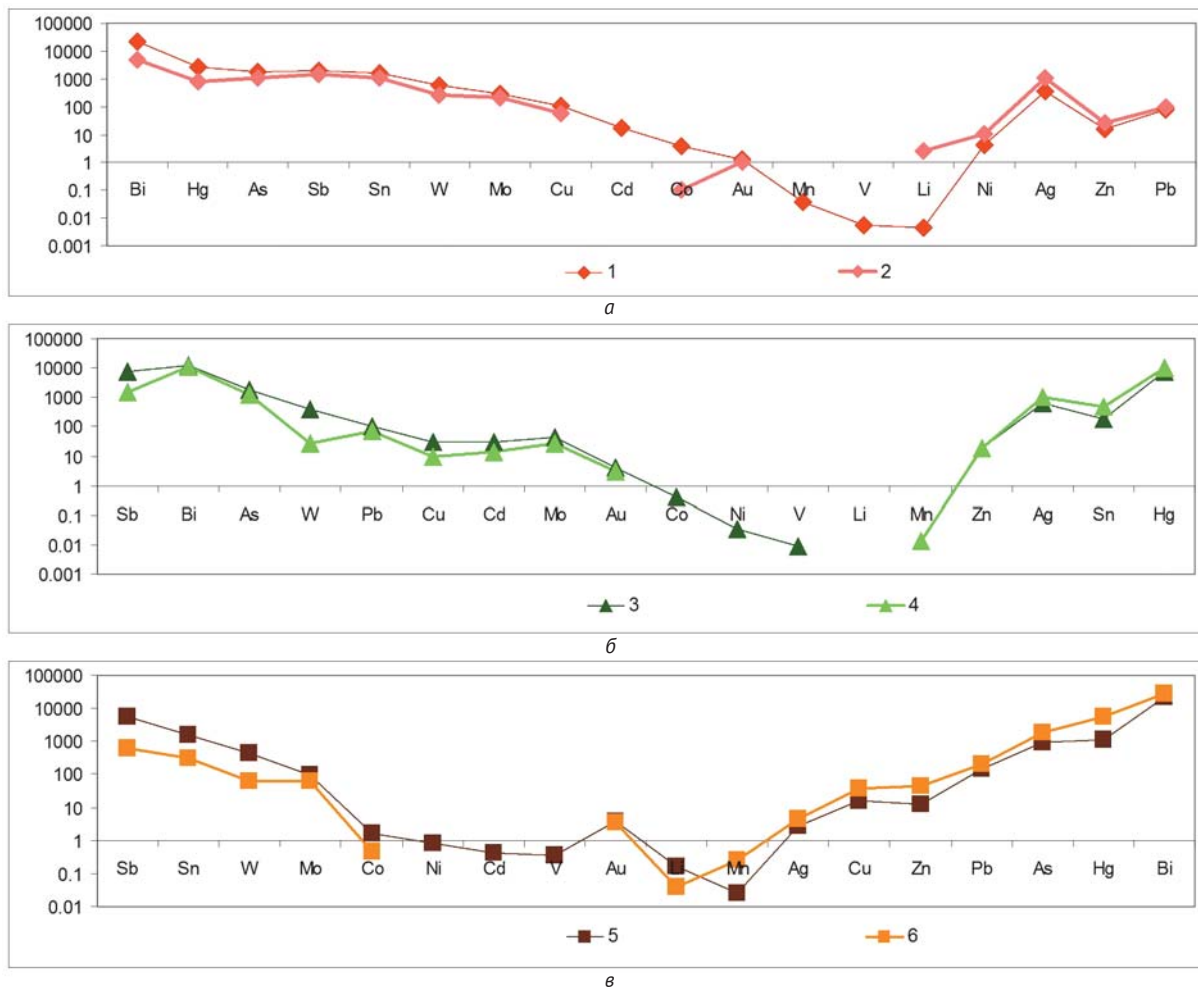


Рис. 3. Спайдер-диаграммы содержаний металлов, нормированных на среднее верхнекоровое содержание, в рудах коренных проявлений ЧАО, размещенных в гранитоидах (а), в вулканитах (б) и терригенных комплексах (в). Вмещающие породы (количество проявлений в скобках): гранитоиды: 1 – раннемеловые (132), 2 – позднемеловые (137); вулканиты: 3 – раннемеловые (7), 4 – позднемеловые (733); терригенные комплексы: 5 – раннемеловые и древнее (151), 6 – позднемеловые и моложе (119)

рит-силикатная, Sn-W-скарновая, W-Sn-кварцевая, ртутные кварц-диккитовая и лиственитовая.

Анализ базы данных показал, что большинство золоторудных месторождений и рудопроявлений локализовано в терригенных флишоидных толщах (рис. 2). Вторая по значению вмещающая среда — интрузивные породы.

Подавляющее большинство (около 90%) рудопроявлений, залегающих в различных по составу и возрасту породах, размещается в ареалах гранитоидного магматизма мелового возраста. При этом нормированные на кларк верхней коры содержания элементов-примесей в рудах, залегающих в раннемеловых гранитоидах, заметно выше, чем в рудах вулканогенных и терригенных комплексах того же или более древнего возраста. В позднемеловых вулканитах руды, с другой стороны, отличаются более высокими концентрациями примесей, чем в раннемеловых. Сравнение спайдер-диаграмм нормированных на кларк верхней коры содержаний

элементов-примесей в рудах около 700 коренных проявлений показывает (рис. 3), что концентрации Bi, Hg, Sb, Sn, W в раннемеловых гранитоидах, вулканитах и терригенных породах выше, чем в позднемеловых аналогах. С другой стороны, в позднемеловых вмещающих породах содержания в рудах Li, Ni, Ag, Zn, Pb, Mn заметно выше.

Пространственный ГИС-анализ показал, что многочисленные проявления Au-кварцевого типа в терригенных флишоидных толщах Чукотского складчатого пояса развиты преимущественно в ареалах раннемелового гранитоидного магматизма на мощной коре коллизионного типа (см. рис. 1г и 4). Наиболее отчетливая пространственная связь с ареалами раннемеловых гранитоидов отмечается у проявлений Au-Bi типа, залегающих в терригенных толщах, гранитах и гранодиоритах. В составе руд постоянно присутствуют пирит и арсенопирит (6—8% сульфидов). В качестве примесей отмечают также Bi, Co, Sn, Cu, Mo, Pb и Zn. В целом в рудах этого типа часто

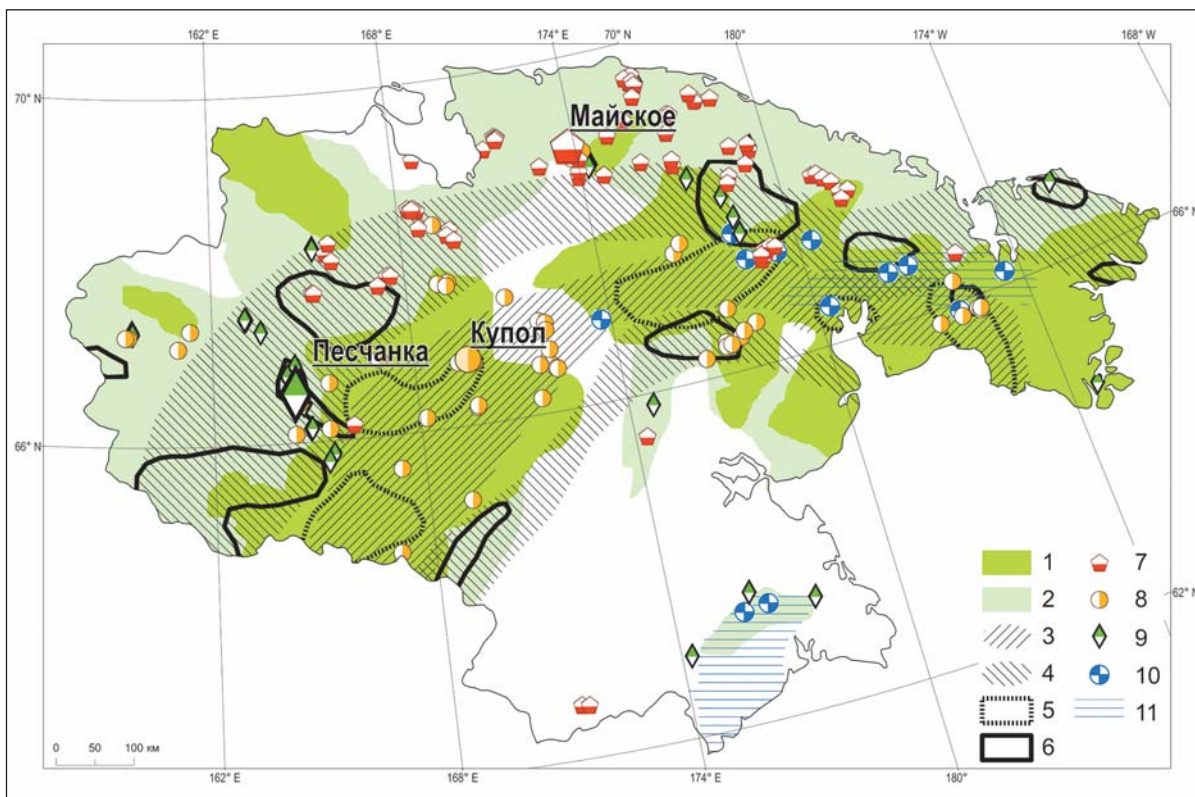


Рис. 4. Размещение золоторудных и золотосодержащих месторождений в ареалах гранитоидного магматизма Чукотки. Ареалы гранитоидных интрузий: 1 – позднемеловых, 2 – раннемеловых. Зоны совмещения ареалов различного состава: 3 – позднемеловых, 4 – раннемеловых. Области совмещения ареалов различного состава: 5 – позднемеловых, 6 – раннемеловых. Месторождения: 7 – золоторудные мышьяксодержащие кварцево-жильные (без Ag в рудах), 8 – золото-серебряные (без As в рудах), 9 – медно-молибден-порфировые (с Cu + Mo в рудах), 10 – колчеданно-полиметаллические (тип Куроко)

отмечается высокая корреляция между содержаниями Au и As, наиболее ярко проявленная в рудах, залегающих в гранитоидах. Эта зависимость также выявлена и на месторождениях Au-сульфидных вкрапленных руд (Майском и др.) в терригенных флишоидных толщах, что подтверждает принадлежность этих месторождений к рудообразующей системе, связанной с интрузивами гранитоидов [5]. Намечается зональность в распределении мышьяковистых руд, когда наиболее высокие значения As/Au выявляются в рудах, залегающих в полях развития риолитовых комплексов, приуроченных к ареалам развития сиенитовых и лампрофировых даек мелового возраста. Анализ базы данных по отмеченным выше признакам позволил отнести к этой рудной формации несколько слабо изученных рудопоявлений. Пример — участок Упрямый, где в терригенных толщах вскрыты 3 рудные зоны, протяженностью до 500 м и мощностью до 20 м при мощности отдельных жил до 0,1 м. В рудах содержания As и Au достигают 1% и 12 г/т соответственно.

Олойский вулcano-плутонический пояс контролируется палеоостроводужной системой позднеюрско-раннемелового возраста [6], расположенной между Южно-Ануйским и Омолонским террейнами (см. рис. 1). Многочисленные Cu-Mo-порфировые

и Au-Ag-эпитермальные месторождения связаны с магматизмом этой палеоостровной дуги. Cu-Мо-штокверки локализуются в штоках и небольших массивах габбро-монзонит-сиенитовой серии, а Au-Ag-эпитермальные жильные проявления и месторождения формируются на их периферии. Возраст оруденения по геологическим и изотопным данным оценивается как конец поздней юры [21]. Рудные поля располагаются цепочкой в пределах Баимской металлогенической зоны на протяжении 80 км. Здесь имеются многочисленные Au-Ag-содержащие Cu-порфировые, Mo-Cu-порфировые, Au-Ag-эпитермальные месторождения и проявления. К сиенитовым и монзонитовым массивам восточной части Баимской зоны приурочены Cu-Mo-Au-Ag штокверки (месторождения Песчанка и Находка). Их сопровождают россыпи высокопробного золота с редкими платиноидами. На юго-западном фланге зоны среди верхнеюрских отложений известны многочисленные сульфидно-кварцевые и кварц-карбонатные эпитермальные жилы с Au-Ag-оруденением (месторождения Весеннее, проявления Верное, Смешливое, Эргувеевское, Гусь и др.). С ареалами раннемеловых гранитоидов в пределах ОВП связаны золотосодержащие Cu-Mo-порфировые и Au-Ag эпитермальные месторождения и рудопоявления в Инняхском,

Изучение и освоение природных ресурсов Арктики

Топольском, Орловском и Эргунейском рудных узлах.

В результате пространственного анализа установлено, что кроме ОВП с раннемеловыми и позднемеловыми гранитоидами (см. рис. 4) на остальной территории ЧАО также связаны многочисленные проявления Си-Мо-порфировой формации. Причем рудопроявления с высоким и средним отношением Мо/Си чаще приурочены к ареалам раннемеловых гранитов, гранодиоритов и диоритов, тогда как существенно Си — к ареалам позднемеловых гранитоидов. Более «меденосный» характер внутренней зоны ОЧВП зоны очевиден, что, вероятно, связано с ее островодужным фундаментом.

Порфировые Си-Мо месторождения по минералогическим особенностям руд могут быть разделены на два подтипа [11; 22—24]: месторождения с более высокими содержаниями молибдена, связанные с высокофористыми гранит-порфирами, сформировавшимися в обстановке внутриконтинентального рифтогенеза, и месторождения с относительно бедными Мо рудами, связанные с низкофористыми известково-щелочными гранитоидами, формировавшимися в обстановке окраинно-континентальной магматической дуги.

Анализ базы данных по рудным объектам позволил отнести к первому подтипу существенно молибденовые проявления (Торопливое, Верхне-Кольеве-ево-ево, Каменное, Памятное и др.), связанные с литий-фтористыми гранит-порфирами упомянутого выше Тауреранского гранодиорит-гранитового комплекса, представленного крупными Тауреранским, Чаантальским, Чануанским, Энмывааским плутонами, которые сопровождаются рядом небольших по размеру «самостоятельных» интрузий в пределах Экитыкинского магматогенного поднятия восточной Чукотки (см. рис. 4).

С ареалами позднемеловых гранитоидов, распространенных в пределах ОЧВП, пространственно связано большинство объектов Си-Мо-порфировой и Au-Ag эпitherмальной рудных формаций. Рудопроявления Си-Мо-порфировой формации (Вечернее, Ольховская группа, Танюерская группа, Эргуве-евская группа) локализованы во внешней зоне ОЧВП. Их кварцево-жильные зоны и штокверки залегают преимущественно в гранитах и гранодиоритах, тела которых нередко трассируют глубинные разрывные зоны, и реже в наднапикальных блоках, сложенных триас-юрскими песчаниками и позднемеловыми эффузивами.

Au-Ag эпitherмальные месторождения, принадлежащие Си-Мо-порфировой рудообразующей системе, располагаются во внутренней зоне ОЧВП преимущественно в пределах ареалов позднемеловых гранитоидов (см. рис. 4). Соотношения Ag/Au здесь более низкие, чем в рудах других рудообразующих систем. Они залегают обычно в вулканитах среднего состава. Проявления с более высокими значениями Ag/Au встречаются во внешней зоне ОЧВП, где

они связаны с Sn-порфировой рудообразующей системой и приурочены к ареалам позднемелового интрузивного магматизма сложного состава. Рудовмещающие породы представлены обычно кислыми эффузивами.

Пространственный анализ подтвердил связь оловорудных проявлений с восстановленными гранитоидами ильменитовой серии S-типа [25], имеющими повышенные основность, магнезиальность, глиноземистость. К таким комплексам относятся граниты Чукотского коллизийного террейна, куда входят Северный, Певекский и другие массивы, вмещающие многочисленные месторождения и рудопроявления олова. Наиболее благоприятны для локализации этих месторождений краевые части очаговых структур купольного типа и линейные тектонические элементы их внутренних зон.

С другой стороны, молибденовые месторождения связаны исключительно с гранитоидами магнетитовой серии (I-тип). Монцодиорит-порфиры Егдыкычского плутона, вмещающие порфиоровое месторождение Песчанка, в своем составе, а также в составе измененных образований не содержит титан, зато в породах в большом количестве отмечается железо в разных валентных формах. Также к гранитоидам магнетитовой серии приурочено оруденение прочих металлов (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Hg). Вмещающие породы в основном базитового состава имеют мантийное происхождение.

В заключение раздела необходимо отметить важнейший прогностический результат выполненного анализа — выделение юрско-раннемеловых островодужных комплексов пород в ОВП, фундаменте внутренней зоны ОЧВП и в Майницком прогибе Корякско-Камчатской области (см. рис. 4), где весьма вероятно открытие нескольких промышленно значимых колчеданно-полиметаллических месторождений типа Куроко, обогащенных Au и Ag. Известные рудопроявления (Угрюмое и др.), локализованные в островодужных толщах, отличаются невысокими значениями Au/Ag отношения, а содержание меди заметно выше в проявлениях, залегающих в комплексах существенно среднего и основного состава, а также в дистальных глинистых фациях, что характерно для месторождений типа Куроко. Следует отметить, что Майницкий прогиб размещается в пределах участка коры с наименьшей мощностью (см. рис. 1г и 4).

Анализ опубликованных данных позволяет отметить следующие особенности геологического строения и металлогении Майницкого прогиба. Здесь на палеозойском фундаменте с офиолитами развиты островодужные комплексы, включающие среднеюрские морские базальт-кремнисто-туфогенно-терригенные отложения, перекрытые мощной окраинноморской толщей флишевых и грубокластических пород альба — верхнего мела [26]. Раннепалеозойские кремнисто-терригенные осадки с фрагментами базальт-яшмовой ассоциации отлагались

в глубоководном желобе прогиба. Среди морских терригенных отложений выделяются шельфовые и более глубоководные турбидиты со значительным количеством глинистых пород [27]. Наличие вулканогенных пород, среди которых отмечаются абиссальные толеиты и щелочные базальты океанических поднятий [28], обусловило увеличение общей мощности разреза. По содержаниям щелочей Sr, Ti, Zr эти базальты сопоставимы с толеитами южных островных дуг, но отличаются от них низким отношением FeO/MgO [26]. Кроме того, широко распространены известково-щелочные туфовые и туфово-турбидитовые образования позднего альба позволяют по результатам изотопной периодизации и анализа петрогеохимических данных рассматривать становление Майницкой островной дуги в две стадии от примитивно-островодужной в раннем неокоме до зрелоостроводужной в апт-альбе [29]. На рудопроявлении Угрюмое [17] колчеданно-полиметаллическое оруденение локализовано в широких и протяженных до первых километров минерализованных зонах, редко в жилах мощностью до 1 м, в эффузивах основного и среднего состава, песчаниках тамватнейской свиты раннего мела, в сопровождении даек и субвулканических тел кварцевых диоритовых порфиритов позднемелового возраста. Наложенные изменения представлены окварцеванием, пропилитизацией, аргиллизацией, пиритизацией, гематитизацией, развитием жил и прожилков карбонат-эпидот-кварцевого и карбонат-хлорит-кварцевого состава. В составе руд присутствуют халькопирит, сфалерит и галенит. Содержание Au, Cu, Pb и Zn в рудах составляет соответственно 10 г/т, 6%, 6% и 2%.

Таким образом, в пределах Майницкого прогиба присутствуют основные поисковые признаки колчеданно-полиметаллических месторождений, рудные тела которых могут находиться в следующих обстановках: в наднапикальных участках вулканогенно-осадочного комплекса с линзовидными проксимальными рудами в верхней части и в кварцевых порфирах со штокверковыми рудами в нижней части разреза.

Заключение

Анализ геологической карты и карты полезных ископаемых показывает, что наибольшее количество золото- и оловорудных рудопроявлений располагается в триасовых и юрских терригенных толщах в ареалах развития раннемелового гранитоидного магматизма, причем арсенидные руды тяготеют к роям даек сиенитов и лампрофиров. Сочетание ареалов даек пестрого состава с очаговым развитием мезозойских вулканоплутонических ассоциаций с преобладающим развитием малых интрузий тоналит-гранодиоритового и монцосиенит-гранодиоритового составов и вулканогенных фаций риолит-трахириолит-трахидацитовый формации традиционно рассматривается как один из

важных региональных поисковых признаков. Установленные пространственные соотношения золоторудных проявлений и мелового гранитоидного магматизма позволяют выделить перспективные площади на открытие новых золоторудных месторождений различных типов. В частности, выделенные (см. рис. 4) ареалы развития островодужного магматизма позволяют прогнозировать в их пределах открытие промышленно значимых колчеданно-полиметаллических месторождений типа Куроко. Кроме того, выполненный анализ показал, что большая часть территории ЧАО в геологическом плане изучена недостаточно, и, следовательно, ее потенциал на золото, серебро и цветные металлы далеко не реализован.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 55 «Арктика — научные основы новых технологий освоения, сохранения и развития».

Литература

1. Андреева Н. В., Пономарева А. П., Крук Н. Н. и др. Магаданский батолит: строение, состав и условия формирования. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1999. — 264 с.
2. Волков А. В., Савва Н. Е., Сидоров А. А. и др. Закономерности размещения и условия образования Cu-Au-порфировых месторождений Северо-Востока России // Геология руд. месторождений. — 2006. — Т. 48, № 6. — С. 512—539.
3. Bouman J., Ebbin J., Meeke S. et al. GOCE gravity gradient data for lithospheric modeling // Intern. J. Appl. Earth Observ. Geoinf. — 2015. — Vol. 35. — P. 16—30.
4. Волков А. В., Гончаров В. И., Сидоров А. А. Месторождения золота и серебра Чукотки. — Москва; Магадан: СВКНИИ РАН, 2006. — 221 с.
5. Волков А. В., Савва Н. Е., Сидоров А. А. и др. Закономерности размещения и условия формирования Au-содержащих Cu-Mo-порфировых месторождений северо-востока России // Геология руд. месторождений. — 2006. — Т. 48, № 6. — С. 512—539.
6. Волков А. В., Сидоров А. А. Au-Ag-месторождения вулканогенных поясов северо-востока Азии — основа создания новых горнорудных районов // Золото и технологии. — 2011. — № 4. — С. 6—18.
7. Волков А. В., Сидоров А. А. Поисковая модель золото-сульфидных месторождений вкрапленных руд Арктической зоны России // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 2 (26). — С. 62—75.
8. Волков А. В., Чижова И. А., Алексеев В. Ю., Сидоров А. А. Вариации показателя Au/Ag эпитеpmальных месторождений // ДАН. — 2013. — Т. 452, № 1. — С. 75—79.
9. Волков А. В., Сидоров А. А., Старостин В. И. Металлогения вулканогенных поясов и зон активизации. — М.: МАКС Пресс, 2014. — 355 с.
10. Лучицкая М. В. Гранитоидный магматизм и становление континентальной коры северного обрам-

Изучение и освоение природных ресурсов Арктики

- ления Тихого океана в мезозое-кайнозое: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — М., 2012. — 49 с.
11. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: В 2 кн. — Кн. 1 / Под ред. А. И. Ханчука. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — С. 1—572.
12. Сурмилова Е. П., Степина Т. С. Легенда Чукотской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третье поколение) / ФГУНПП «Аэрогеология». — М., 2002.
13. Moll-Stalcup E. J. Geochemistry and U-Pb-geochronology of arc related magmatic rocks, northeastern Russia // Abstracts with programs GSA. — 1995. — Vol. 27, № 5. — P. 65.
14. Комарова Я. С., Костицын Ю. А., Николаев Ю. Н. Возраст молибден-медно-порфирирового оруденения месторождения Песчанка, Чукотка // VII Сибирская научно-практическая конференция молодых ученых по наукам о Земле (с участием иностранных специалистов): Материалы конференции. — Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. — С. 138—139.
15. Котова М. С., Назорная Е. В., Аносова М. О. и др. Датирование метасоматического процесса и рудоносных гранитоидов медно-порфирировых месторождений Находкинского рудного поля (Западная Чукотка) // Геохронометрические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов: Материалы V Российской конференции по изотопной геохронологии. 4—6 июня 2012 г., Москва, ИГЕМ РАН. — М.: ИГЕМ РАН, 2012. — С. 181—184.
16. Тихомиров П. Л., Акинин В. В., Исполатов В. О. Возраст северной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса: новые данные Ar-Ar и U-Pb геохронологии // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 2006. — Т. 14, № 5. — С. 67—81.
17. Шпикерман В. И. Домеловая минерагения северо-востока Азии. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. — 330 с.
18. Тихомиров П. Л., Лучицкая М. В. Меловые гранитоиды Северо-Востока Азии: Статья 1: Геология, петрография и геохимия // Вестн. МГУ. — 2006. — № 5. — С. 13—20.
19. Филатова Н. И. Периокеанические вулканогенные пояса. — М.: Недра, 1988. — 264 с.
20. Сахно В. Г. Позднемезозойско-кайнозойский континентальный вулканизм Востока Азии. — Владивосток: Дальнаука, 2002. — 336 с.
21. Горячев Н. А., Волков А. В., Сидоров А. А. и др. Au-Ag-оруденение вулканогенных поясов северо-востока Азии // Литосфера. — 2010. — № 3. — С. 36—50.
22. Покалов В. Т. Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. — М.: Недра, 1992. — 288 с.
23. Сотников В. И., Берзина А. П., Никитина Е. И. и др. Медно-молибденовая рудная формация. — Новосибирск: Наука, 1977. — 422 с.
24. Theodore T. G. Descriptive model of porphyry Mo, low F // Mineral Deposit Models / D. P. Cox, D. A. Singer (eds) // U.S. Geological Survey Bull. 1693. — 1986. — P. 120.
25. Гвоздев В. И., Гоневчук В. Г., Семеняк Б. И. Факторы формирования и признаки распознавания рудно-магматических систем (РМС) с крупными месторождениями шеелит-сульфидной формации // Новые горизонты в изучении процессов магмо- и рудообразования: Материалы научной конференции (Москва, 8—11 ноября 2010 г.). — М., 2010. — С. 223—224.
26. Соколов С. Д. Аккреционная тектоника Корякско-Чукотского сегмента Тихоокеанского пояса: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / АН СССР. Геол. ин-т. — М., 1988. — 48 с.
27. Антипов М. П., Бондаренко Г. Е., Бардовская Т. О., Шпилов Э. В. Анадырский бассейн (северо-восток Евразии, Беринговоморское побережье): геологическое строение, тектоническая эволюция и нефтегазоносность. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. — 53 с.
28. Григорьев В. Н., Крылов К. А., Соколов С. Д. Юрско-меловые отложения Янранайского аккреционного комплекса (Корякское нагорье) // Очерки по геологии Северо-Западного сектора Тихоокеанского пояса. — М.: Наука, 1987. — С. 132—159.
29. Полин В. Ф., Аксёнов С. В., Разумный А. В. и др. Первые сведения о двустадийности формирования Майницкой островной дуги (Корякское нагорье), по данным петрогеохимии и U-Pb датирования; решение проблемы возраста золотосульфидного оруденения Корякского хребта // XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, Российский государственный геологоразведочный университет, 5—7 апреля, 2017 г.). — С. 16—17.

Информация об авторах

Галямов Андрей Львович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (119017, Россия, Москва, Старомонетный пер., 35), e-mail: alg@igem.ru.

Волков Александр Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (119017, Россия, Москва, Старомонетный пер., 35), e-mail: tma2105@mail.ru.

Сидоров Анатолий Алексеевич, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (119017, Россия, Москва, Старомонетный пер., 35).

Библиографическое описание данной статьи

Галямов А. Л., Волков А. В., Сидоров А. А. Золоторудные месторождения и меловой гранитоидный магматизм Чукотки. — 2018. — № 1 (29). — С. 104—115. — DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-104-115.

GOLD ORE DEPOSITS AND CRETACEOUS GRANITOID MAGMATISM OF CHUKOTKA

Galyamov A. L., Volkov A. V., Sidorov A. A.

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS (Moscow, Russian Federation)

This research is financially supported by the RAS Presidium Programme No. 55 “The Arctic — the scientific basis of new technologies for development, restoration and development”.

Abstract

The areas of Cretaceous intrusive magmatism occupy almost all entire territory of Chukotka, and the composition and forms of its manifestation are closely related to geodynamic conditions. The spatial analysis shows that the areas of different composition of Cretaceous intrusions, sometimes are combined, denoting local parts confined to the thickest lithosphere blocks with complete development of magmatism associated with deep magmatic supply channels. The most deposits and ore occurrences of Au are localized in terrigenous flyschoid sequences and granitoids and are widespread mainly in the areas of Early Cretaceous granitoid magmatism on a thick collision-type crust. Cu-Mo-porphyry deposits are associated with the Early Cretaceous and Late Cretaceous granitoids of the Oloy and Okhotsk-Chukotka belts. Au-Ag epithermal deposits of the Okhotsk-Chukotka belt are located in the volcanic rocks mainly within the ranges of Late Cretaceous granitoids. In the ores of about 700 ore occurrences the concentration of Bi, Hg, Sb, Sn, W in the Early Cretaceous granitoids, volcanics and terrigenous rocks are higher than in ores of the Late Cretaceous rocks. On the other hand, the ores in the Late Cretaceous rocks contain more Li, Ni, Ag, Zn, Pb, Mn.

Keywords: Arctic zone, GIS analysis, metallogeny, geodynamics, Cretaceous granitoid magmatism, ore deposits, prospecting.

References

1. Andreeva N. V., Ponomareva A. P., Kruk N. N. et al. Magadanskii batolit: stroenie, sostav i usloviya formirovaniya. [Magadan batholith: structure, composition and conditions of formation]. Magadan, SVKNII DVO RAN, 1999, 264 p. (In Russian).
2. Volkov A. V., Savva N. E., Sidorov A. A. et al. Zakonomernosti razmeshcheniya i usloviya obrazovaniya Cu-Au-porfirovykh mestorozhdenii Severo-Vostoka Rossii. [Regularities of location and conditions of formation of Cu-Au-porphyry deposits in the North-East of Russia]. *Geologiya rud. mestorozhdenii*, 2006, vol. 48, no. 6, pp. 512—539. (In Russian).
3. Bouman J., Ebbin J., Meekes S. et al. GOCE gravity gradient data for lithospheric modeling. *Intern. J. Appl. Earth Observ. Geoinf.*, 2015, vol. 35, pp. 16—30.
4. Volkov A. V., Goncharov V. I., Sidorov A. A. Mestorozhdeniya zolota i serebra Chukotki. [Deposits of gold and silver of Chukotka]. Moscow; Magadan, SVKNII RAN, 2006, 221 p. (In Russian).
5. Volkov A. V., Savva N. E., Sidorov A. A. et al. Zakonomernosti razmeshcheniya i usloviya formirovaniya Au-soderzhashchikh Cu-Mo-porfirovykh mestorozhdenii severo-vostoka Rossii. [Regularities of location and conditions of formation of Cu-Au-porphyry deposits in the North-East of Russia]. *Geologiya rud. mestorozhdenii*, 2006, vol. 48, no. 6, pp. 512—539. (In Russian).
6. Volkov A. V., Sidorov A. A. Au-Ag-mestorozhdeniya vulkanogennykh pojasov severo-vostoka Azii — osnova sozdaniya novykh gornorudnykh raionov. [Au-Ag-deposits of volcanogenic belts of Northeast Asia — the basis for the new mining areas]. *Zoloto i tekhnologii*, 2011, no. 4, pp. 6—18. (In Russian).
7. Volkov A. V., Sidorov A. A. Poiskovaya model' zoloto-sul'fidnykh mestorozhdenii vkraplennykh rud Arkticheskoi zony Rossii. [Prospecting model of Au-sulphide deposits of disseminated ores of the Arctic zone of Russia]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2017, no. 2 (26), pp. 62—75. (In Russian).

8. Volkov A. V., Chizhova I. A., Alekseev V. Yu., Sidorov A. A. Variatsii pokazatelya Au/Ag epitermal'nykh mestorozhdenii. [Variations of the Au/Ag indicator of epithermal deposits]. DAN, 2013, vol. 452, no. 1, pp. 75—79. (In Russian).
9. Volkov A. V., Sidorov A. A., Starostin V. I. Metallogeniya vulkanogennykh poyasov i zon aktivizatsii. [Metallogeny of volcanogenic belts and activation zones]. Moscow, MAKS Press, 2014, 355 p. (In Russian).
10. Luchitskaya M. V. Granitoidnyi magmatizm i stanovlenie kontinental'noi kory severnogo obramleniya Tikhogo okeana v mezozoe-kainozoe. [Granitoid magmatism and the formation of the continental crust of the northern frame of the Pacific Ocean in the Mesozoic-Cenozoic]. Avtoref. dis. ... d-ra geol.-mineral. nauk. Moscow, 2012, 49 p. (In Russian).
11. Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii. [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia]. V 2 kn. Kn. 1. Pod red. A. I. Khanchuka. Vladivostok, Dal'nauka, 2006, pp. 1—572. (In Russian).
12. Surmilova E. P., Stepina T. S. Legenda Chukotskoi serii listov Gosudarstvennoi geologicheskoi karty Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:1 000 000 (tret'e pokolenie) . [Legend of the Chukchee series of the State Geological Map of the Russian Federation 1: 1 000 000 (third generation)]. FGUNPP "Aerogeologiya". Moscow, 2002. (In Russian).
13. Moll-Stalcup E. J. Geochemistry and U-Pb-geochronology of arc related magmatic rocks, northeastern Russia. Abstracts with programs GSA, 1995, vol. 27, no. 5, p. 65.
14. Komarova Ya. S., Kostitsyn Yu. A., Nikolaev Yu. N. Vozrast molibden-medno-porfirovogo orudneniya mestorozhdeniya Peschanka, Chukotka. [Age of molybdenum-copper-porphyry mineralization of the Peschanka deposit, Chukotka]. VII Sibirskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh po naukam o Zemle (s uchastiem inostrannykh spetsialistov). Materialy konferentsii. Novosibirsk, RITs NGU, 2014, pp. 138—139. (In Russian).
15. Kotova M. S., Nagornaya E. V., Anosova M. O., Kostitsyn Yu. A., Baksheev I. A., Nikolaev Yu. N., Kal'ko I. A. Datirovanie metasomaticheskogo protsessa i rudonosnykh granitoidov medno-porfirovykh mestorozhdenii Nakhodkinskogo rudnogo polya (Zapadnaya Chukotka). [Dating of the metasomatic process and ore-bearing granitoids of copper-porphyry deposits of the Nakhodka ore field (Western Chukotka)]. Geokhronometricheskie izotopnye sistemy, metody ikh izucheniya, khronologiya geologicheskikh protsessov: Materialy V Rossiiskoi konferentsii po izotopnoi geokhronologii. 4—6 iyunya 2012 g., Moskva, IGEM RAN. Moscow, IGEM RAN, 2012, pp. 181—184. (In Russian).
16. Tikhomirov P. L., Akinin V. V., Ispolatov V. O. Vozrast severnoi chasti Okhotsko-Chukotskogo vulkanogen-nogo poyasa: novye dannye Ar-Ar i U-Pb geokhronologii. [Age of the northern part of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt: new data of Ar-Ar and U-Pb geochronology]. Stratigrafiya. Geol. korrelyatsiya, 2006, vol. 14, no. 5, pp. 67—81. (In Russian).
17. Shpikerman V. I. Domelovaya minerageniya severo-vostoka Azii. [Pre-Cretaceous minerageny of north-eastern Asia]. Magadan, SVKNII DVO RAN, 1998, 330 p. (In Russian).
18. Tikhomirov P. L., Luchitskaya M. V. Melovye granitoidy Severo-Vostoka Azii: Stat'ya 1: Geologiya, petrografiya i geokhimiya. [Cretaceous granitoids of Northeast Asia. Article 1. Geology, petrography and geochemistry]. Vestn. MGU, 2006, no. 5, pp. 13—20. (In Russian).
19. Filatova N. I. Periokanicheskie vulkanogennye poyasa. [Perioceanic volcanogenic belts]. Moscow, Nedra, 1988, 264 p. (In Russian).
20. Sakhno V. G. Pozdnemezozoiskio-kainozoiskii kontinental'nyi vulkanizm Vostoka Azii. [Late Mesozoic-Cenozoic continental volcanism of East Asia]. Vladivostok, Dal'nauka, 2002, 336 p. (In Russian).
21. Goryachev N. A., Volkov A. V., Sidorov A. A. et al. Au-Ag-orudnenie vulkanogennykh poyasov cevero-vostoka Azii. [Au-Ag-mineralization of volcanogenic belts of the North-East of Asia]. Litosfera, 2010, no. 3, pp. 36—50. (In Russian).
22. Pokalov V. T. Rudno-magmaticheskie sistemy gidrotermal'nykh mestorozhdenii. [Ore-magmatic systems of hydrothermal deposits]. Moscow, Nedra, 1992, 288 p. (In Russian).
23. Sotnikov V. I., Berzina A. P., Nikitina E. I. et al. Mednomolibdenovaya rudnaya formatsiya. [Copper-molybdenum ore formation type]. Novosibirsk, Nauka, 1977, 422 p. (In Russian).
24. Theodore T. G. Descriptive model of porphyry Mo, low F. Mineral Deposit Models D. P. Cox, D. A. Singer (eds). U.S. Geological Survey Bull. 1693, 1986, p. 120.
25. Gvozdev V. I., Gonevchuk V. G., Semenyak B. I. Faktory formirovaniya i priznaki raspoznavaniya rudno-magmaticheskikh sistem (RMS) s krupnymi mestorozhdeniyami sheelit-sul'fidnoi formatsii. [Formation factors and features of recognition of ore-magmatic systems (OMS) with large deposits of scheelite-sulfide type]. Novye gorizonty v izuchenii protsessov magmoi rudoobrazovaniya: Materialy nauchnoi konferentsii (Moskva, 8—11 noyabrya 2010 g.). Moscow, 2010, pp. 223—224. (In Russian).
26. Sokolov S. D. Akkretsiionnaya tektonika Koryakko-Chukotskogo segmenta Tikhookeanskogo poyasa. [Accretion tectonics of the Koryak-Chukchi segment of the Pacific belt]. Avtoref. dis. ... d-ra geol.-mineral. nauk. AN SSSR. Geol. in-t. Moscow, 1988, 48 p. (In Russian).
27. Antipov M. P., Bondarenko G. E., Bardovskaya T. O., Shipilov E. V. Anadyrskii bassein (severo-vostok Evrazii, Beringovomorskoe poberezh'e): geologicheskoe stroenie, tektonicheskaya evolyutsiya i neftegazonosnost'. [Anadyr basin (north-east of Eurasia, Bering Sea coast): geological structure, tectonic evolution and oil and gas potential]. Apatity, Izd-vo KNTs RAN, 2008, 53 p. (In Russian).

28. Grigor'ev V. N., Krylov K. A., Sokolov S. D. Yursko-melovyye otlozheniya Yanranaiskogo akkretsiionnogo kompleksa (Koryakskoe nagor'e). [Jurassic-Cretaceous deposits of the Yanranai accretion complex (Koryak plateau)]. Ocherki po geologii Severo-Zapadnogo sektora Tikhoookeanskogo poyasa. Moscow, Nauka, 1987, pp. 132—159. (In Russian).
29. Polin V. F., Aksenov S. V., Razumnyi A. V., Khan-chuk A. I., Volkov E. V. Pervye svedeniya o dvustadiinosti formirovaniya Mainitskoi ostrovnoi dugi (Koryakskoe nagor'e), po dannym petrogeokhimii i U-Pb datirovaniya; reshenie problemy vozrasta zolotosul'fidnogo orudneniya Koryakskogo khrebt. [The first information about the two-stage formation of the Mainitsky volcanic arc (Koryak Highlands), according to petrogeochemistry and U-Pb dating; solution of the problem of the age of the gold sulfide mineralization of the Koryak Range]. XIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Novye idei v naukakh o Zemle" (Moskva, Rossiiskii gosudarstvennyi geologorazvedochnyi universitet, 5—7 aprelya, 2017 g.), pp. 16—17. (In Russian).

Information about the authors

Galyamov Andrey Lvovich, Ph.D., Senior researcher, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS (35, Staromonetny per., Moscow, 119017, Russia), e-mail: alg@igem.ru.

Volkov Alexander Vladimirovich, Doctor of Science, Head of Laboratory, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS (35, Staromonetny per., Moscow, 119017, Russia), e-mail: tma2105@mail.ru.

Sidorov Anatoliy Alekseyevich, Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences, Corresponding member RAS, Chief Researcher, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, RAS (35, Staromonetny per., Moscow, 119017, Russia).

Bibliographic description

Galyamov A. L., Volkov A. V., Sidorov A. A. Gold ore deposits and Cretaceous granitoid magmatism of Chukotka. Arctic: ecology and economy, 2018, no 1 (29), pp. 104—115. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-104-115. (In Russian).

© Galyamov A. L., Volkov A. V., Sidorov A. A., 2018