РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЕ ОРУДЕНЕННЕ КОРГОНСКОГО ПРОГИБА

А.И. Гусев[1], Н.И. Гусев[2]
[1] Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина, г. Бийск
[2] ФГУП «Всероссийский геологический исследовательский институт им. А.П. Карпинского», г. Санкт-Петербург

ВВЕДЕНИЕ

Металлогенический профиль Коргонского прогиба включает в себя железорудные, кобальтовые, золоторудные и скандиевые месторождения. В последние десятилетия в металлогению прогиба добавлено и редкоземельное оруденение, что позволило в его пределах выделить Кытмино-Коргонский редкометалльно-редкоземельный рудный район с тремя рудными узлами: Кумирским скандий-уран-торий-молибден-редкоземельным; Кедровско-Кытминским уран-скандий-молибден-редкоземельным и Коргоно-Куминским скандий-уран-молибден-золото-редкоземельным (рис. 1).

Главными геолого-промышленными типами редкоземельного оруденения в Коргонском прогибе являются: 1 - ксенотимовые квальмиты (кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты), приуроченные к глубинным разломам (проявление Спартак). Квальмиты широко распространены на месторождении Арыскан (Тува) [Лебедев, 2012; Некрасов, 1995]; 2 - грейзены и щелочные метасоматиты с редкоземельным оруденением в контакте с анорогенными гранитоидами Кумирского штока (Кумирское месторождение). Квальмиты с редкими землями, приуроченными к глубинным разломам, признаны одним из главных эндогенных геолого-промышленных типов редкоземельного оруденения [Методические..., 2003].

Следует отметить, что повышенные содержания лантаноидов выявляются в рудогенерирующих магматитах, в рудах и минералах железорудных, кобальтовых и золоторудных месторождений [Гусев А., 2014, 2016, 2019] прогиба. Это позволяет говорить о металлогенической специфике Коргонского прогиба на редкие земли.

Согласно проекту «Стратегия развития минерально-сырьевой базы России до 2035 года», приоритетом является «достижение экономического баланса между необходимым и достаточным внутренним потреблением, экспортом и вынужденным импортом минерального сырья». Иными словами, в первую очередь надо искать стратегические металлы: скандий, рений, тантал, ниобий, иттрий, галлий, гадолиний, лантан и другие.

Стратегические виды природного минерального сырья составляют основу ведущих отраслей производства, обеспечивающих экономическую и оборонную безопасность любого государства. Особую роль в структуре этого сырья играют редкие металлы: рений, скандий, ниобий, галлий, редкие земли иттриевой группы и другие. [Стратегия..., 2018]. Прогноз добычи редкоземельных элементов до 2024 года должен составить 113,1 тыс. т металлов.

Известно, что галлий, скандий, гадолиний используются в самых мощных лазерах; неодим, самарии, диспрозий – в новом классе постоянных магнитов; иттрий, лантан, стронций, висмут, таллий – в активно разрабатываемых высокотемпературных сверхпроводниках; цирконий, иттрий – в новой конструкционной керамике: ниобий, литий, ванадий, бериллий, рений, скандий – в авиационных и космических материалах. Редкоземельные элементы и их соединения присутствуют практически в каждом современном сложном изделии - смартфонах, лазерных установках (в том числе и лазерном оружии), чипах компьютерной памяти,

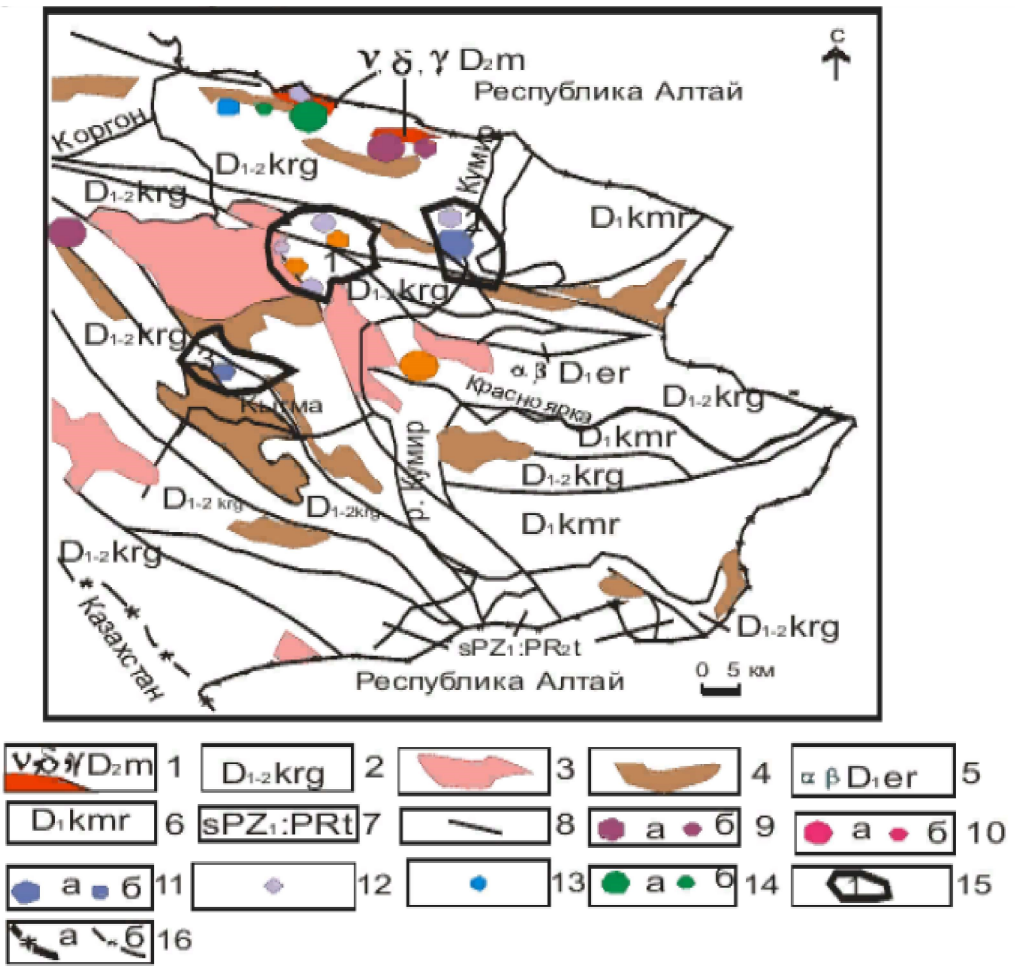

Рис. 1. Схема размещения полезных ископаемых Коргонского прогиба

1 - габбро, диориты, граниты майорского комплекса; 2-4 - коргонскй комплекс: 2 - лавы, туфы, игнибриты дацитов, риолитов, трахириолитов коргонской свиты: 3 - субвулканические плагиограниты, лейкоплагиограниты; 4 - экструзии трахириолитов, трахириодацитов; 5 - лавы, туфы андезибазальтов, базальтов ергольской свиты; 6 - песчаники, алевропесчаники, алевролиты, мраморы кумирской свиты; 7 - метапелитовые сланцы терехтинского метаморфического комплекса; 8 - разломы; 9-14 - полезные ископаемые: 9 - скарновые месторождения (а) и проявления (б) железа; 10 - высокосульфидизированные эпитермальные золото-серебряные месторождения (а) и проявления (б); 11 - комплексные грейзеново-гидротермальные скандий-торий-уран-редкоземельные месторождения (а) и проявления (б); 12 - гидротермальные и эпитермальные редкоземельные проявления; 13 - эпитермальные свинцово-цинковые проявления; 14 - скарновые кобальтовые месторождения (а) и проявления (б); 15 - контуры рудных узлов и их номера: 1 - Коргоно-Куминский скандий-уран-молибден- золото-редкоземельный, 2 - Кумирский скандий-уран-торий-молибден-редкоземельный, 3 - Кедровско-Кытминский уран-скандий-молибден-редкоземельный; 16 - гранины: государственная (а), административная (б).

ДВД-проигрывагелях, перезаряжаемых батареях, каталитических конвертерах, приборах ночного видения (в том числе и военных аналогах), магнитах и источниках флуоресцентного потока света. Поэтому развитие их производства имеет стратегическое значение. Такое применение редких земель в новейших технологиях задаёт своеобразный приоритет и актуальность изучения редкоземельного оруденения на Алтае, и в особенности в Коргонском прогибе, где уже известно уникальное комплексное Кумирское месторождение, которое по праву можно отнести к объектам мирового класса.

Существующий внутренний спрос РЗЭ в России удовлетворяется за счет импортных поставок РЗЭ из Кигая. В свете сложившейся ситуации на мировом рынке РЗЭ, такая зависимость от китайского импорта является фактором риска для национальной безопасности и развития отечественной промышленности. Поэтому поставленная задача обеспечения российской экономики РЗЭ является стратегической.

Цель исследования – на основе новых данных, полученных автором по геологии, петрологии и геохимии рудогенерирующих магматитов, руд и околорудных метасоматитов дать перспективную оценку Коргонского прогиба на редкоземельное оруденение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований авторов охватывают промежуток времени с 2003 г. по настоящее время. И 2020 году в результате комплексной экспедиции Алтайского отделения русского географического общества выявлены новые данные по метасоматитам проявления Спартак, оруденению Кедрово-Коргончиковского прогнозируемого рудного поля, а также Владимировского кобальтового рудного поля. В пределах последнего выявлено Сергеевское скарновое флюорит-редкоземельное проявление, в рудах которого содержания (в г /т) составляют: иттрия от 120 до 1300, иттербия от 100 до 800. Более детально ниже будут представлены результаты по Коргоно-Куминскому рудному узлу, в который входят новые находки.

Многолетние исследования магматизма и оруденения Коргонского прогиба показали, что:

1. Вулканогенные, субвулканические и экструзивные образования коргонского комплекса формировались а результате мантийно-корового взаимодействия, а в магматических дериватах имеются признаки смешения мантийного базальтового расплава и кислых магм, генерированных в результате плавления нижней коры под воздействием горячих мантийных расплавов.

2. Глубинные очаги, которые на поверхности в настоящее время представлены вулканическими центрами, сопровождающимися субвулканическими образованиями и экструзиями, были долгоживущими и характеризовались обилием и активностью флюидов, обогащенных такими летучими компонентами, как F, B, CO_2, H_2O.

3. С глубинными очагами в раннем-среднем девоне связаны различные геолого-промышленные типы оруденения, которые имеют комплексный состав и охватывают большой спектр металлов: Fe, Pb, Zn, Au, Ag, TR, U.

4. По северной периферии Коргонского прогиба на более позднем этапе (в среднем девоне) произошло внедрение анорогенных интрузий майорского габбро-диорит-гранодиорит-гранитового комплекса, с которым пространственно и парагенетически связаны месторождения и проявления кобальта, которые также имеют комплексный состав. В рудах Владимировского месторождения обнаруживаются в повышенных концентрациях типично мантийные элементы (Ni, Pt, Pd), а также Au, Ag, TR. Сергеевское скарновое флюорит-редкоземельное проявление парагенетически связано с дериватами Владимировского штока майорского комплекса. Следовательно, глубинный очаг, генерировавший магматиты Владимировского массива и комплексный набор металлов изначально был обогащен и редкими землями.

5. На известном эпитермальном высокосульфидизированном Красноярском месторождении выявлена тесная ассоциация эпитермального оруденения и медно-золото-порфирового. Масштабы последнего требуют оценки на глубину, так как такая ассоциация часто приводит к формированию крупных по запасам металлов порфировых систем.

6. Весьма перспективные эпитермальные золото-серебряные проявления Озёрное, Кедровс кое (также относящиеся к высокосульфидизированному типу эпитермальных систем) и другие в прогнозируемом Кедрово-Коргончиковском рудном поле тесно ассоциируют с медно-молибден-золото-порфировыми проявлениями в субвулканических и экструзивных телах, с одной стороны, а также с проявлениями редких земель в квальмитах и аргиллизитах – с другой, и являются объектами, которые требуют постановки поисковых и оценочных работ в ближайшее время.

Ку.мирский скандий-уран-торий-молибден-редкоземельный рудный узел. Рудоконтролирующие образования – метасоматически изменённые (альбитизация, серицитизация,

турмалиниадция) субвулканические риолиты (кварцевые порфиры) коргонского комплекса и ороговикованные, грейзенизированные, гидротермально изменённые вулканогенные и осадочные породы раннего-среднего девона. Кумирское скандий-уран-редкоземельное месторождение, проявления, пункты минерализации, шлиховые и геохимические ореолы молибдена, урана, скандия, тория, иттрия, иттербия, олова, мышьяка.

Кумирское месторождение представляет собой более глубинный объект, по сравнениию со Спартаком. Месторождение сложено комплексными рудами при ведущей роли скандия, образующего собственный минерал (тортвейтит) в скоплениях, представляющих промышленный интерес. Оруденение приурочено к эндо-экзоконтактовой зоне Кумирского штока. Скандий-уран-редкометалльно-редкоземельное оруденение образует линзовидные тела и гнёзда размером до 0,5 х 1,2 х 2,5 м, контролируемые метасоматическими залежами (альбит, серицит, турмалин, кварц), обычно крутопадающими и субвертикальными. Оно накладывается на субвулканические риолиты и на ороговикованные породы кумирской свиты. Рудные минералы: тортвейтит, гадолинит, талинит, иттриалит, иттробритолит, монацит, касситерит, уранинит, браннерит, коффинит, настуран, метацейнерит, эпиянтинит, торит, ортит. Присутствуют: пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, арсенопирит, берилл, флюорит, турмалин, фторапатит, топаз. На флангах рудных тел проявлены прожилково-вкрапленные образования кварц-галенит-флюоритового состава. Содержания РЗЭ (в окисной форме) в рудах составляют тысячные-десятые доли процента для каждого элемента. Содержание скандия – сотые до десятых долей процента. Запасы и прогнозные ресурсы (C_2+P_1+P_2) скандия, иттрия, урана, тория, рубидия и ниобия по отдельности составляют сотни тонн. Их подсчет и оценка велись только в пределах опоискованных блоков, но и эти данные позволяют считать месторождение промышленно интересным. По мнению Е.П. Пичугина, комплексное уран-торий-редкоземельно-редкометальное оруденение связано с малоглубинными телами субвулканической фации коргонского вулканического комплекса [Пичугин и др., 1992].

Запасы и прогнозные ресурсы (C_2+P_1+P_2+P_3) по Кумирскому рудному узлу составляют: скандий – 922,6 т, иттрий – 1035,6 т, уран – 3723,1 т, молибден – 630 т, оксид ниобия – 320 т [Пичугин и др., 1992].

По Кумирскому месторождению запасы и прогнозные ресурсы (C_2+P_1+P_2), подсчитанные предшественниками [Коляда и др., 1990] до глубины 240 м, составляют: скандий – 284,6 т, иттрий – 32,6 т, уран – 382,1 т, торий – 162,2 т, рубидий – 450,7 т, оксид ниобия – 100,2 т. Месторождение изучено на стадии поисковой оценки, но не полностью. Есть многочисленные признаки наличия рудных тел на глубине и на флангах изученной площади [Коляда и др., 1990].

Кедровско-Кытминский уран-торий-скандий-молибден-редкоземельный рудный узел. Оруденение в этом рудном узле локализуется в метасоматически измененных кислых вулканитах (покровных и субвулканических) коргонского комплекса. Форма рудных тел неправильная. Выделяются они по результатам опробования. В основном это штокверки среди грейзенизированных, альбитизированных, серицитизированных с наложенным флюоритом вулканитов. Наиболее концентрированное оруденение редких земель сопровождается кварц-альбит-микроклиновыми метасоматитами (квальмитами). В пределах узла обычны проявления, пункты минерализации и геохимические ореолы урана, молибдена, иттрия, скандия, тория, лития, иттербия, ниобия, олова, меди, свинца, а также многочисленные радиоактивные аномалии.

Прогнозные ресурсы (P_3) по рудному узлу составляют: уран – 800 т, скандий – 450 т, оксид ниобия – 120 т, торий – 200 т, редкие земли – 2,5 тыс. т.

Наиболее изученным и, вероятно, наиболее перспективным является проявление “Спартак”. Уран-редкометалльное проявление *Спартак,* представленное геохимической ассоциацией уран-иттрий-самарий-гадолиний в форме ксенотима, занимает наиболее высокое положение в рудной колонне. Оно локализуется в контактовой зоне экструзии риолитов среди слюдистых и кварц-полевошпатовых метасоматитов (квальмитов), вторично-кварцитового или березитового температурного уровня. Здесь прогнозируется выявление перспективного

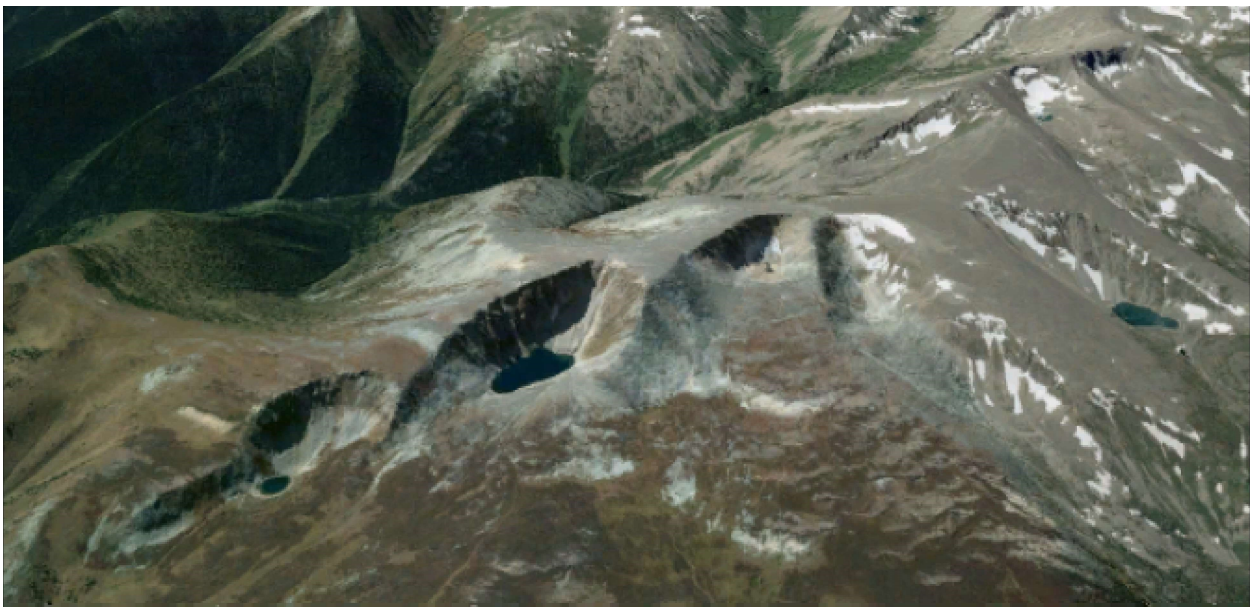

Рис. 2. Космоснимок Коргонского хребта с карами, приуроченными к северной ветви Тигерекского разлома.

уран-редкометалльного промышленного объекта на глубине, так как по вертикальной зональности оруденения, метасоматитов и аномального геохимического поля наблюдается надрудный срез.

Ресурсы проявления но категории P_2, оцененные предшественниками [Коляда и др., 1990], составляют: иттрий – 131 т, иттербий – 81 т, уран – 248 т, молибден – 58 т, самарий – 124 т, европий – 40 т, гадолиний – 215 т, тербий – 44 т, диспрозий – 323 т, эрбий – 104 т, гольмий – 99 т.

Следует отметить, что проявление Спартак совершенно не оценено на глубину.

Коргоно-Куминский скандий-уран-молибден-золото-редкоземельный рудный узел контролируется зонами оперяющих разломов запад-северо-западного направления основного Тигерекского разлома. Указанные оперяющие разломы представляют собой мегасколы Риделя R, причленяющиеся к главному шву Тигерекского разлома под углами 20°, которые контролируют размещение субвулканических и экструзивных тел коргонского комплекса, а также кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов с редкоземельным оруденением. К Северной ветви Тигерекского мегаскола приурочены также и палеовулканические центры, которые хорошо видны на космическом снимке (рис. 2).

На водоразделе Коргончика, Кедровского и Подъёмного ручьев выделено Кедрово-Коргончиковское золоторудно-редкоземельное прогнозируемое рудное поле площадью более 70 км, которому соответствует одноименное аномальное комплексное геохимическое поле Au, Ag, Cu, TR, находится в междуречье р. Коргон и р. Кумир. Рудное поле приурочено к зоне сочленения субширотной северной ветви Тигерекского разлома и примыкающих к нему сбросо-сдвигов северо-западной ориентировки. К зоне северной ветви Тигерекского разлома приурочены несколько каров с озёрами (рис. 2), выстраивающимися в линию северо-западного направления.

Следует отметить, что указанные кары характеризуются жерловыми и околожерловыми фациями вулканитов с обильными бомбовыми горизонтами и кластолавами и субвулканическими и экструзивными телами, сложенными риодацитами, трахидацитами, трахириолитами, риолитами. Кары имеют разнообразную форму в плане: эллипсовидную, неправильную, изометричную и вытянутую вдоль указанной ветви Тигерекского разлома. Размеры их от первых сотен метров и до 2 км в поперечнике. Часть каров сопровождается небольшими озерами. Стенки каров субвертикальные высотой от 100 до 250 м. При картировании установлено, чгго кары, являясь экзарационными морфологическими формами, унаследованными

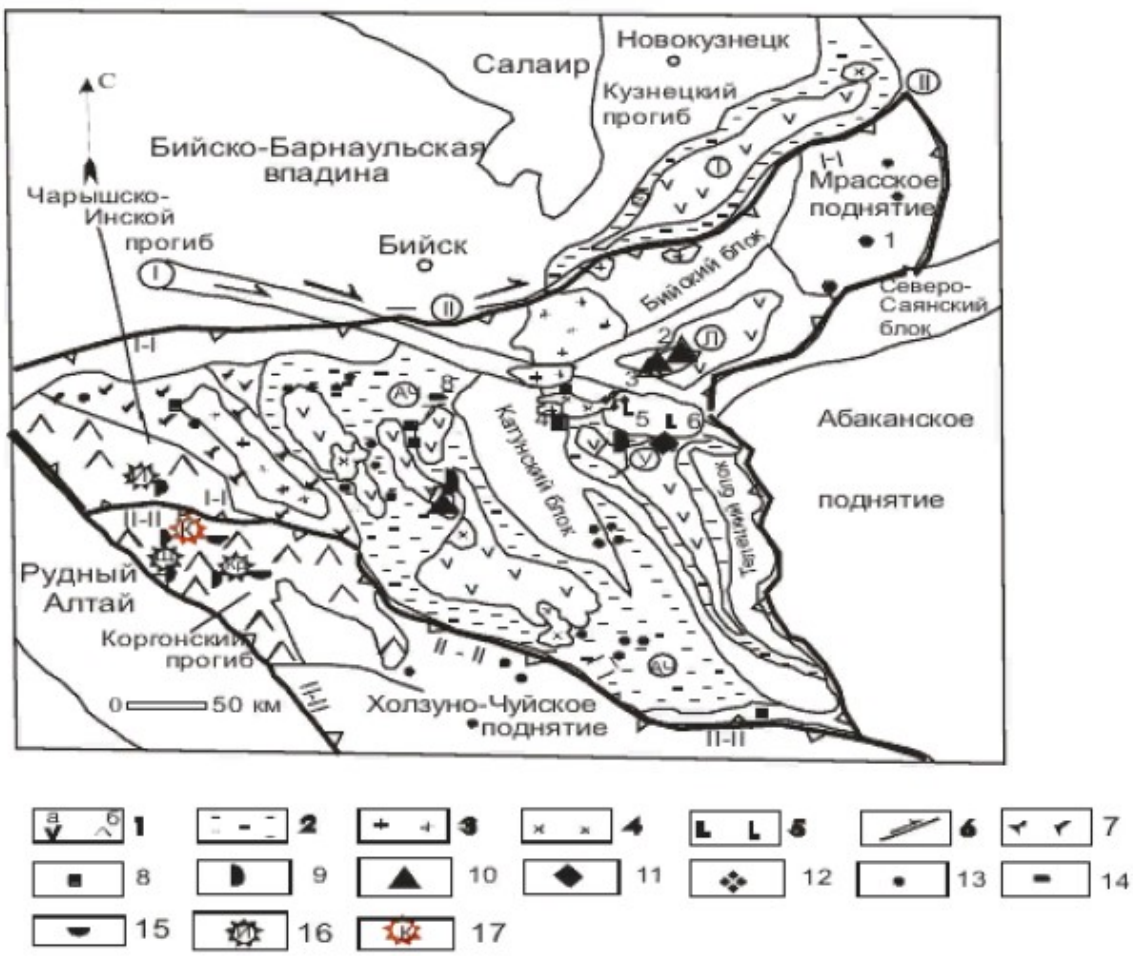

Рис. 3. Положение Кедрово-Коргончиковского вулканического центра на структурно-тектонической схеме западной части Алтае-Саянской складчатой области и полезных ископаемых на этап O_1- P_1 (составлена А.И. Гусевым с использованием материалов С.П. Шокальского, Г.А. Бабина, Н.А. Берзина, М.М. Буслова и др.).

Структурно-вещественные комплексы активной континентальной окраины: 1 - вулканогенные образования нижнего-среднего девона (базальты, трахибазальты, андезиты, риолиты и их туфы, игнимбриты): а - без игнимбритов, б - с игнимбритами; 2 - туфогенные образования ордовика-нижнего девона (конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты); коллизионные комплексы: 3 - граниты, умеренно-щелочные граниты (I-типы), кварцевые сиениты среднего девона: 4 - габбро, диориты, тоналиты, граниты (I-типа) нижнего силура-нижнего девона; 5 - габбро, плагиограниты среднего кембрия; 6 - глубинный разлом; наименование прогибов: Т- Тельбесский, АЧ - Ануйско-Чуйский, Л - Лебедской. У - Уйменский; названия глубинных разломов: I - Бийский, II - Тельбесский (ответвление Бийского), III - Чарышско- Теректинский; 7 - кремнисто-.метабазалтовые океанические образования (поздний кембрий - ордовик). Типы оруденения: 8 - золото-медно-скарновый, 9 - медно-молибден-золото-порфировый, 10 - медно-золото-порфировый, 11 - золото-порфировый. 12 - скарново-олото-порфировый, 13 - жильный золото-сульфидно-кварцевый, 14 - золото-черносланцевый, 15 - эпитермальный золото-серебряный. 16 - вулканические центры: И - Инской, Щ - Щебнюхинский, Кр - Красноярский. 17 - Кедрово-Коронский вулканический центр.

от палеожерловин, чем и объясняется их приуроченность к долгоживущей северной ветви Тигерекского разлома, контролировавшего, в свое время, линейное распределение жерл палеовулканов раннедевонского вулканизма, а также субвулканических и экструзивных тел.

В пределах Коргонского хребта выявлено несколько вулканических центров, которые контролируют размещение не только субвулканических тел, но и связанных с ними золото-серебряных проявлений эпитермального типа и медно-молибден-золото- порфировых объектов, а также проявлений редких земель (рис. 3).

Пространственно с Кедрово-Коргончиковским вулканическим центром ассоциируют

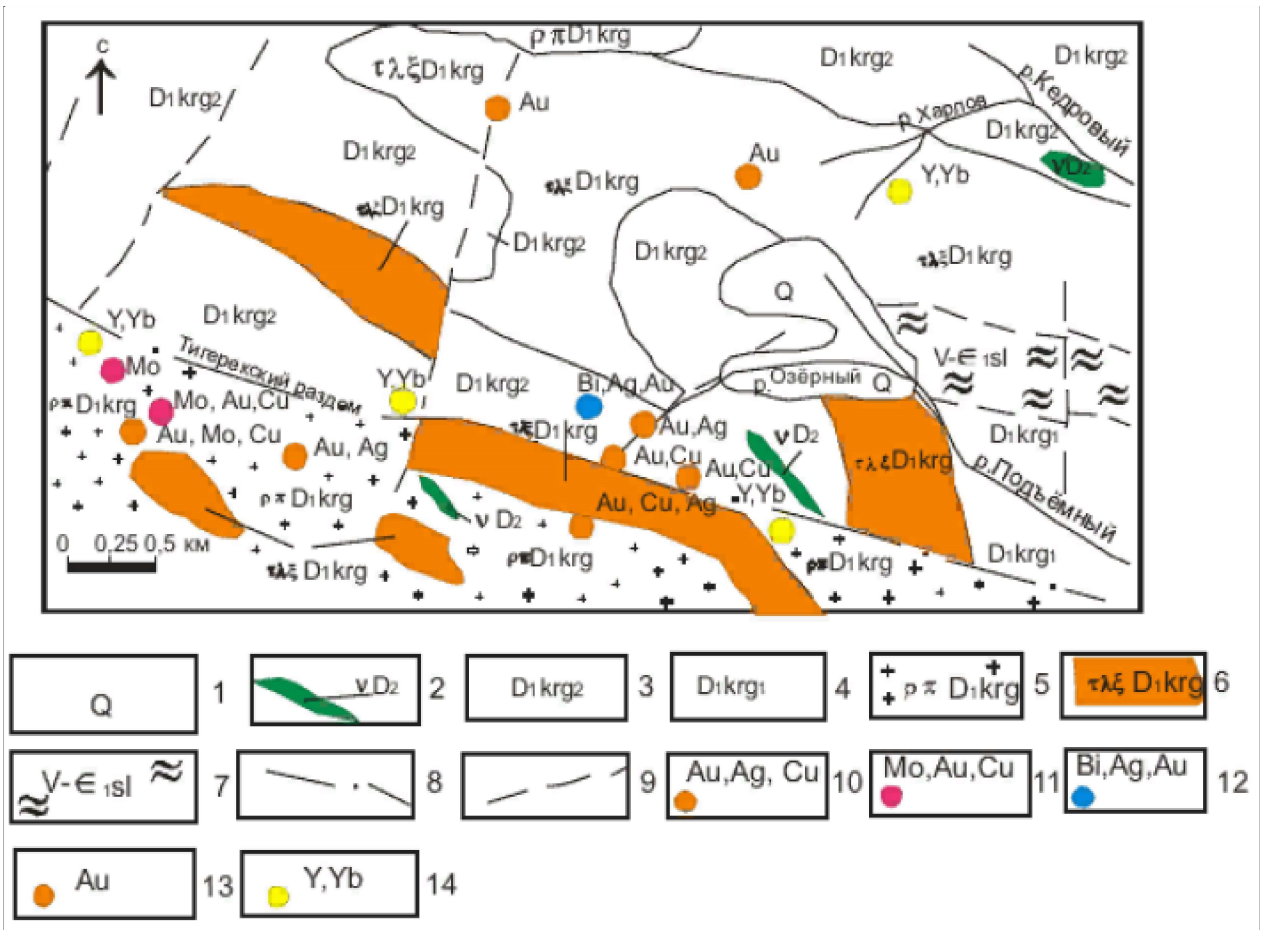

Рис. 4. Схематическая геологическая карта и полезные ископаемые Кедрово- Коргончиковского золоторудного поля.

1 - неразделённые отложения квартера; 2 - дайки габброидов среднедевонского возраста; 3 - туфы, лавы дацитов, трахидацитов, андезидацитов, андезитов, андезибазальтов, реже риолитов среднекоргонской подсвиты; 4 - туфы, игнимбриты, лавы дацитов, риодацитов, риолитов нижней подсвиты коргонской свиты; 5 - субвулканические тела риолитов, риодацитов; 6 - экструзии трахириодациов, трахириолитов; 7 - серицит-хлоритовые, серицит-хлорит-кварцевые сланцы шельдянской свиты; 8 - северная ветвь Тигерекского разлома; 9 - прочие разломы. Рудные проявления: 10 - эпитермальные золото-серебряные; 11 - медно-молибден- золото-порфировые; 12 - жильные проявления висмута, серебра, золота; 13 - жильные золото-сульфидно-кварцевые; 14 - редкоземельные проявления в кварц-альбит-микроклиновых метасоматитах.

золото-серебряные, медно-молибден-золото-порфировые, жильные редкоземельные (в метасоматитах и аргиллизитах) и жильные золото-сульфидно-кварцевые проявления. А на сочленении Риделевского (северной ветви Тигерекского разлома) мегаскола и антириделевских (R^1) разрывов, расположенных перпендикулярно к северной ветви Тигерекского разлома, антитетических сдвигов, локализуются проявления редкоземельных элементов в квальмитах и аргиллизитах (рис. 4).

В рудах этих проявлений иногда присутствует вкрапленность пирита, халькопирита и пирротина. Концентрации элементов (в г/т) составляют: иттрия – от 150 до 900, иттербия – от 60 до 740, гадолиния – от 50 до 650. Предварительно оценённые авторские прогнозные ресурсы категории P_2 по Кедрово-Коргончиковскому рудному полю составляют: иттрия – 120 т, иттербия – 90 т, гадолиния – 210 т.

Следует добавить, что в районе эпитермальных золото-серебряных проявлений в Кедрово-Коргончиковском рудном поле отмечаются гидротермальные проявления редкоземельных элементов в кварцево-слюдисто-глинистых аргиллизитах, близких по составу аргиллизитам Абрамовского месторождения в Приморье [Середин и др., 2009]. По данным

В.В. Середина [Середин, 2010], проявления редких земель в аргиллизитах относится к группе высокоперспективных геолого-промышленных типов редкоземельного оруденения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Редкоземельное оруденение в Коргонском прогибе наряду со скандиевым, кобальтовым, железорудным и золоторудным является весьма перспективным и требует проведения поисковых и оценочных работ. Особое внимание следует уделить вновь выявленным типам редкоземельного оруденения в квальмитах и аргиллизитах.

Литература

Гусев А.И. Геохимия минералов Алтай. – Бийск, АГГПУ, 2019. – 185 с.

Гусев А.И. Геохимия руд Владимировского кобальтового месторождения Горного Алтая // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016, № 4, ч. 2, с. 404-408.

Гусев А.И. Петрология и геохимия субвулканических плагиогранитоидов Щебнюхинского массива Горного Алтая // Успехи современного естествознания, 2014, № 7, с. 80-85.

Коляда В.В., Баженов М.И. Максимов А.Ю. и др. Оценка промышленных перспектив Кумирского месторождения комплексных руд / Отчет. – ТГФ Южсибгеолкома, 1990.

Лебедев Н.И. Минеральные ресурсы Тувы: обзор и анализ полезных ископаемых. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. 284 с.

Методические рекомендации по оценке прогнозных ресурсов редкоземельных металлов. – М.: ИМГРЭ, 2003. – 120 с.

Методические рекомендации по оценке прогнозных ресурсов редкоземельных металлов. – М.: ИМГРЭ. – 125 с.

Некрасов И.Я. Особенности приорита из Арысканского редкоземельного месторождения (Тува) // Докл. АН, 1995, т. 345, № 2, с. 234-236.

Пичугин Е.П., Арзамасов Я.Ф., Шемякин В.В и др. Оценка перспектив СЗ части Горного Алтая на комплексное уран-скандий-редкоземельное оруденение / Отчет. – ТГФ Южсибгеолкома, 1992.

Середин В.В. Новый метод первичной оценки перспективности редкоземельных руд // Геология рудных месторождении, 2010, т. 52, № 5, с. 475-480.

Середин В.В., Кременецкий А.А., Трач Г.Н., Томсон И.Н. Новые данные об иттриевоземельных гидротермальных рудах с ураганными концентрациями РЗЭ // Докл. РАН, 2009, т. 425, № 3, с. 403-418.

Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года. /Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 22 декабря 2018 г., № 2914-р. – 27 с.