

## ПЕРСПЕКТИВЫ ГОРНОГО И РУДНОГО АЛТАЯ НА РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

Е.А. Дзагоева, А.И. Гусев

Бийский педагогический государственный университет, *anzerger@mail.ru*

В связи с резким подъёмом и развитием высоких технологий, а также нанотехнологий XXI века пристальное внимание в последнее десятилетие в России и за рубежом уделяется различным элементам из группы редких земель, которые находят широкое применение. Несколько примеров такого освоения различными отраслями производства редкоземельных элементов приводим ниже.

Известно более ста важных областей применения редких земель и число их, особенно в последние годы, неуклонно увеличивается. Традиционные и наиболее ёмкие сферы использования - катализ в крекинге нефти, металлургическая, стекольная и керамическая промышленность. Цеолитовые катализаторы с добавками редких земель позволяют увеличить выход легких фракций нефти в процессе крекинга в среднем на 14%. Помимо крекинга, редкоземельные катализаторы используются в производстве стирена, креозота, ксилола и других органических и неорганических веществ. В последнее время они начали применяться для очистки выхлопных газов автомобилей. В металлургии редкие земли, обычно в виде мишметалла, применяются в качестве десульфураторов, раскислителей, дегазаторов в производстве высокопрочного чугуна, стали и сплавов, а также в качестве пиррофорных материалов. Стекольная и керамическая промышленности используют редкие земли при полировке листового стекла, зеркал, оптических линз, кинескопов; обесцвечивании и окрашивании стекла и керамики; в составе специальных стекол различного назначения и в производстве огнеупоров.

В последние годы потребление мишметалла в двух главных областях - катализаторах и металлургии - существенно сократилось. И наоборот, с начала 80-х годов быстро растет потребление индивидуальных редкоземельных лантаноидов. Открытие в 1986 г. высокотемпературной сверхпроводимости в иттрийсодержащей керамике необычайно повысило интерес к сырьевым источникам иттрия. С этим открытием связывают грядущие коренные преобразования современной техники. Оно способно многократно повысить эффективность солнечной энергетики, электронно-вычислительной техники, транспорта (скоростные поезда на магнитной подушке и др.), приблизить освоение энергии термоядерного синтеза и т.д. Наряду со сверхпроводимостью в последние годы был открыт и ряд других областей применения иттрия: суперсплавы для аэрокосмической техники; новая техническая керамика для режущих инструментов, деталей и газовых турбин, кислородных датчиков, топливных элементов; плазменная обработка поверхностей и др. До самого последнего времени иттрий и иттриевые лантаноиды оставались одними из наименее освоенных промышленностью редких металлов. Из 11 иттриевых земель мировое потребление лишь иттрия превышало 100 т, а большинство их потреблялось в количестве считанных тонн, а то и килограммов. Это отчасти объяснялось тем, что некоторые лантаноиды открыты лишь в конце прошлого столетия, а европий и лютеций даже в начале нашего века. Цены на индивидуальные иттриевоземельные элементы среди всех оксифильных редких элементов остаются наиболее высокими, а на некоторые из них даже превосходят цену золота.

Благодаря научно-техническому прогрессу в 80-е годы намечились новые важные области использования индивидуальных редких земель, обладавших уникальными свойствами. В результате во всем мире, включая и СССР, интерес к ним сильно возрос. Минерально-сырьевая база разрабатываемых в нашей стране месторождений иттриевых земель сильно истощена. И хотя у нас выявлены огромные ресурсы их в месторождениях щелочных гранитов, эвдиалитовых луавритов, апатитов, во всех этих источниках иттриевые земли являются попутным компонентом. Себестоимость извлечения иттриевых земель из таких руд достаточно высокая, а получение редких земель из этого минерального сырья требует огромных капиталовложений. Поэтому перед геологами встает задача обеспечения страны быстро осваиваемыми и высокопроизводительными источниками добычи иттрия и иттриевых лантаноидов. При этом крайне желательно выявить месторождения, селективно обогащенные теми или иными лантаноидами или хотя бы группой близких лантаноидов.

Все это и предопределило посвятить данную работу не только эндогенным, но и экзогенным месторождениям. Во-первых, располагаясь на поверхности, экзогенные месторождения наиболее доступны для отработки. Во-вторых, их руды, будучи рыхлыми или слабо сцементированными, не требуют бурно взрывных работ, и, следовательно, значительно дешевле в отработке. В-третьих, и, это, пожалуй, основное, для экзогенных месторождений зачастую характерно повышенное содержание иттриевых земель относительно цериевых. Наибольшая доля запасов редкоземельных минералов (РЗМ) в Российской Федерации приходится на апатитовые руды отработываемых хибинских месторождений и лопаритовые руды крупнейшего Ловозерского месторождения.

Месторождения РЗМ иттриевого типа в глинистых корах выветривания относят к числу новых (нетрадиционных) типов, хотя доля их в балансе производства в мире становится в последние годы главенствующей. Еще всего, 10 лет тому назад роль подобных источников РЗМ считалась второстепенной при незначительных цифрах рыночного оборота. Затем по мере развития спроса на отдельные РЗМ и параллельно со снижением добычи касситерита (эти россыпи служили основным источником попутного ксенотима) все большую роль стали играть, так называемые, ионные руды тяжелых РЗМ в глинистых корах выветривания гранитов Ю.Китая. Вне Китая полных аналогов месторождений этого типа не установлено, что в частности является причиной отсутствия общепринятого названия руд с сорбированными РЗМ.

Кора выветривания латеритного типа развивается по лонганским гранитам (10 км от г. Лонган в провинции Янгси). Данный гранитный комплекс площадью около 40 км<sup>2</sup> слагает юго-западную оконечность крупного Жайбейского батолита, который внедрился в сланцевую с прослоями угля пермскую толщу, перекрытую юрскими риолитами. Отмечаются четыре фазы гранитного магматизма (все относятся к типу биотитовых калиевых гранитов) с абсолютным возрастом от 170 до 124 млн. лет. Апикальная часть наиболее молодых гранитов Зудонг превращена в мусковитовые граниты с широким развитием субсолидусных изменений, выраженных появлением новообразованных кварца, альбита, мусковита с флюоритом, кальцитом, итросинхизитом, гадолинитом, черновитом (YAsO<sub>4</sub>), пирохлором. Суммарное содержание РЗМ в исходных гранитах составляет 200-280 г/т, иттрия 30-40 г/т. В коре выветривания китайских месторождений по указанным гранитам содержания иттрия составляют 0,25-0,29%.

До сих пор основным типом оруденения редких земель в Горном Алтае считаются россыпи монацита, локализующиеся в районах выходов монацит-содержащих боровлянских гранитоидов Башчелакского рудного района, аналогичных гранитоидов и пегматитов Белокурихинского Плутона, Саввушинского и Тигирекского массивов, а также комплексное скандий-уран-редкоземельное Кумирское месторождение.

**Россыпные месторождения.** В области развития боровлянских гранитоидов образовалось несколько промышленных россыпей монацита (месторождения ручей Пучкин, ручей Мокрый и проявление Крутиха, ручей Прямодорожный).

*Россыпь ручья Пучкин.* Аллювиальная долинная, террасовая. Разведана в 1934 г. Башчелакской партией. Локализована в песчано-галечных отложениях современного и верхнечетвертичного возраста, мощность песков до 3,5 м, торфов - 2-8 м. Длина россыпи 3 км, ширина 40-150 м, среднее содержание монацита 169 г/т, условно балансовые ресурсы оценены в 154,9 т. *Россыпь ручья Мокрого.* Аллювиальная, долинная. Разведана Башчелакской партией. Локализована в песчано-галечных отложениях, мощность песков 1-5 м, торфов - 2-7 м, длина россыпи 1,5 км, ширина 30-50 м, среднее содержание монацита в песках 489 г/т, условно-балансовые запасы категории С<sub>1</sub> - 81,6 т. *Россыпь Крутиха.* Аллювиальная, долинная, частью погребенная, непромышленная. Находится в долине р. Крутиха, правого притока р. Башчелак. Открыта М.И. Афанасьевым в 1934 г. Монацит распространен в толще рыхлых отложений, концентрируясь в нижних песчано-галечных слоях. Мощность песков 1-2 м, торфов - 4-15 м. Длина россыпи 4 км, ширина 40-100 м; среднее содержание монацита 76 г/т, условно балансовые ресурсы (С<sub>1</sub> + С<sub>2</sub>) подсчитаны в количестве 156 т. *Россыпь ручья Прямодорожный.* Аллювиальная долинная, непромышленная. Открыта Башчелакской партией. Локализуется в песчано-галечных отложениях. Протяженность россыпи около 2 км, ширина 20-40 м, мощность торфов 1-5 м, песков - 1-2 м. Среднее содержание монацита в песках 30 г/т.

В субширотном поясе распространения аплитов и пегматитов среди гранитоидов Белокурихинского массива, контролируемых зоной разлома, сформирована Искровско-Белокурихинская уран-редкометалльно-редкоземельная рудная зона. На продолжении указанной зоны в западном направлении рой пегматитов и даек аплитов продолжается ещё на 40 км при ширине до 5-8 км., где нами выделяется редкометалльно-редкоземельная Сычёвско-Черновая рудная зона. В области этой зоны, помимо пегматитовых проявлений тантало-ниобатов и бериллия, образовалось несколько монацитовых россыпей, из которых наиболее заметными являются Сычёвская и Черновая.

*Россыпь монацита р. Сычёвка (М-45-1, № I-1-62)* аллювиальная, разведана в 1939 г. на протяжении 2 км. Мощность песков 0,4-1,2 м, содержание монацита до 656 г/м<sup>3</sup>, среднее 30-50 г/м<sup>3</sup>. Не промышленная из-за низких содержаний монацита. *Россыпь р. Черновой (М-45-1, № I-1-63).* Россыпь монацита аллювиальная разведана в 1939 г. на протяжении 2 км. Мощность песков 0,4-1,2 м, содержание монацита до 656 г/м<sup>3</sup>, среднее 30-50 г/м<sup>3</sup>. Россыпь не промышленная из-за низких содержаний.

Указанные россыпи являются хорошими поисковыми признаками на возможное обнаружение латеритных кор выветривания, обогащённых редкими землями в пределах Сычёвско-Черновой и Искровско-Белокурихинской зон. Такие надежды связаны с тем, что на окраине курорта Белокурихи на пологом северном склоне г. Церковки (в районе канатной дороги) в двух пробах, отобранных нами из глинистой коры выветривания над пегматитами концентрации иттрия составили 0,32 и 0,41 %.

**Эндеогенные месторождения.** В этой группе месторождений на территории Горного и Рудного Алтая зарегистрированы 3 типа оруденения: 1- гидротермально-метасоматические скандий-уран-редкоземельные (Кумирское, Спартак и др.); 2- пегматитовые редкометалльно-редкоземельные (Орбитовая Сопка, Тигирекское и др.); 3- железоксид-редкоземельные (Холзун, Коксинское и др.). *Кумирское месторождение* расположено в правом борту нижнего течения р. Кумир. Месторождение сложено комплексными рудами при ведущей роли скандия, образующего собственный минерал (тортвейтит) в скоплениях, представляющих промышленный интерес. Оруденение приурочено к эндо- и экзоконтактной зоне Кумирского штока. Скандий-уран-редкоземельное оруденение образует линзовидные тела и гнезда размером до 0,5 x 1,2 x 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, эпипянтинит, торит, ортит. Кроме вышеуказанных минералов, в рудах присутствуют также: пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, арсенопирит, берилл, флюорит, турмалин, фторапатит, топаз. Как видно из минерального состава в рудах месторождения обнаруживаются собственные минералы иттрия. Содержания РЗЭ (в оксидной форме) в рудах составляет тысячные-десятые доли процента для каждого элемента. Содержание скандия – сотые до десятых долей процента. Содержание урана не превышает 0,053-0,061%. Кроме этого установлена минерализация ртути в количестве до 0,3%.

Запасы и прогнозныe ресурсы (C2+P1+P2) скандия, иттрия, урана, тория, рублидия и ниобия по отдельности составляют сотни тонн.

*Ортитовое проявление* в пегматитах обнаружено П.П.Пилипенко среди гранитов Саввушинского массива. В 1911 г. им из одного гнезда извлечено 15 кг ортита, а также найден кристалл длиной около 30 см и массой 3 кг. Известная часть тела Ортитовая сопка промышленного значения не имеет. Однако не исключено, что более глубокие горизонты массива могут представлять практический интерес на редкоземельное оруденение. Последнее представлено сверху розовым и частично белым кварцем, ниже — горизонтом (0,5 м) черного кварца с кристаллами полевого шпата и турмалина, в основании — грубозернистым письменным петматитом (1,5 м) с мусковитом (до 12х6 см), жильбердитом, турмалином (шерл), флюоритом. Строение этого тела аналогично строению тела Тигирекского месторождения. В верховьях руч. Харьковка, по сообщению Б.С.Митропольского, в рукописи «Редкие металлы Западной и Средней Сибири (1935), найден берилл. На южном склоне Тигирекского массива в верховьях р. Татарка (сейчас это территория Казахстана) Н.Д.Довгалем в 1934 г. были обнаружены свалы среднезернистых гранитов с аплитами и пегматитами кварца с вольфрамитом, шеелитом, молибденитом и повышенными концентрациями редких земель.

Подводя итог сказанному, следует отметить, что ни один из известных в Северо-Западном Алтае объектов вольфрам-редкометалльного оруденения, будь то эксплуатировавшееся месторождение или просто рудопроявление, глубже 10—200 м не разведан, а между тем вертикальный размах этого оруденения, по данным Я.А.Косалса, достигает 400—500 м. При этом нельзя считать в достаточной степени опосредованными и сами массивы, включающие эти объекты. Актуальность дальнейшего наращивания объемов геологоразведочных работ по поискам, оценке и разведке вольфрама во всех перспективных районах страны уже подчеркивалась. Один из таких перспективных районов — рассматриваемая территория Алтайского края и Республики Алтай с крупными запасами богатых полиметаллических, железных руд и других полезных ископаемых, реальное в недалекой перспективе совместное освоение которых позволит снизить эксплуатационно-транспортные затраты на них, в том числе и на вольфрам-редкометалльные руды. В этой связи в ближайшее время необходимо составить прогнозно-металлогеническую карту, специализированную на вольфрам-редкометалльное оруденение, провести переоценку с оптимальным объемом горно-геологических, в том числе опробовательских, работ всех известных объектов, поиски новых месторождений. В результате может быть подготовлена база остродефицитного комплексного минерального сырья, пригодная для рентабельной отработки малыми горно-добывающими предприятиями и находящаяся в географо-экономически благоприятном регионе.

В 2005 году нами при проведении специализированных металлогенических исследований в пределах Холзунского рудного поля выполнено переопробование нижнего рудоносного горизонта Тургусунского участка, где было выявлено проявление ортита Э.Г.Кассандровым в 1969–1970 годах. В пробах-протоколках и в шлифах помимо апатита нами установлены на этом проявлении ортит и монацит, нередко ассоциирующие с цериевым эпидотом и калиевым полевым шпатом. Содержание иттрия в штучных пробах составили 0,52–1,34%. Аналогичные руды с ортитом и монацитом выявлены нами на Северном участке Холзунского рудного поля в тесной ассоциации с апатитом, эпидотом, спекуляритом. В связи с вышесказанным определенным интерес представляет вся полоса распространения рудоносного железорудного горизонта от Холзуна до Коргона и проявления железа оксидного типа. Как известно, в последнее время, апатит-магнетитовые, гематитовые месторождения рассматриваются в составе комплексного железо-оксидного медно-золотого класса месторождений, характеризующегося повышенными концентрациями редких земель [2, 3]. Все разновидности ортитов в проанализированных месторождениях региона (Холзунское, Ортитовое, Тигирекское и другие) относятся к иттроортиту с содержанием иттрия от 7,5 до 8,2 %.

Однако, кроме указанных типов проявления редких земель, в регионе прогнозируется новый нетрадиционный тип редкоземельного оруденения, связанный с корами выветривания по гранитоидам и вулканитам, содержащим повышенные концентрации редких земель, а также с линейными корами выветривания, которые возможно образуются по гидротермальным образованиям и метасоматитам с изначально высокими концентрациями РЗЭ (Рудный Лог, Шибетинское и другие). Особо высокие перспективы могут быть связаны с корами выветривания, образующимися по участкам развития редкометалльных пегматитов и метасоматитов (Белокурихинский, Тигирекский, Майорский, Айский, Турочакский, Боровлянский, Юстыдский и другие массивы и штоки). В Горном Алтае высокие концентрации иттрия выявлены в аксаутских вулканитах (до 81 г/т), майорских рибекитовых гранитах (88 г/т), гранитах и лейкогранитах Ночного массива (от 53 до 76 г/т), усть-тулатинских (84 г/т), юстыдских гранитоидах (110–134 г/т), гранодиоритах и гранитах Боровлянского массива (от 67 до 139 г/т), аплитовых дайках белокурихинского и турочакского комплексов (от 115 до 165 г/т), в монцодиоритах и монцонитах Горновского массива (до 40–55 г/т), в гранитах (до 30–35 г/т) и аплитах (40–53 г/т) Сростинского массива. В Рудном Алтае гранитоиды Саввушинского массива содержат концентрации иттрия от 57 до 359 г/т. Указанные цифры концентраций иттрия в гранитоидах региона значительно выше, приводимых по китайским гранитам, где образовались месторождения редких земель в корях выветривания. Повышенные концентрации иттрия зафиксированы в кварц-карбонат-спекуляритовых зонах минерализации Северного участка Холзунского рудного поля (80–120 г/т), апатит-магнетитовых и апатит-магнетит-гематитовых рудах Холзунского рудного поля (50–110 г/т), спекуляритовых рудах месторождения Рудный Лог (до 310 г/т) [1].

Наибольшие перспективы на выявление линейных и площадных кор выветривания с промышленными концентрациями РЗЭ имеют области распространения анорогенных гранитоидов девонского и пермь-триасового возраста. К таким областям относятся участки боровлянских гранитоидов по реке Башцелак и его притокам, где гранитоиды массива пересечены серией разломов северо-западного простирания, сопровождающихся аплитовидными дай-

ками. В этих местах и локализованы все перечисленные россыпи монацита. Другими перспективными участками являются Искровско-Белокурихинская и Сычёвско-Черновая рудные зоны на всём их протяжении, трассируемых дайками аплитов и пегматитов. Перспективны также фланги пегматитовой зоны Ортитовой Сопки в пределах Саввушинского массива, а также участки развития пегматитовых роёв в пределах Тигирекского массива.

В связи с находками апатит-магнетит-гематитовых руд с ортитом и монацитом в пределах Холзунского рудного поля, определённый интерес на обнаружение кор выветривания могут иметь выположенные участки Перевально-го и Северного участка этого рудного поля, располагающиеся на Российской территории, а также вся 100 км полоса распространения этого типа оруденения вплоть до Коргона. Перспективы также связаны с корами выветривания по районам распространения пегматитов в массивах жерновского комплекса Салаира (Жерновской и Горновской аралы), где выявлены аномалии редких земель иттриевой группы в корях выветривания, образовавшихся по гранитоидам жерновского (P2-T1) комплекса.

#### **Литература**

1. Говердовский В.А., Шушумков С.Г., Косолапова Ю.А. Первое в России месторождение антикоррозионного пигмента – железной слюдки // Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая, 2004, № 1, с. 30-33.
2. Hitzman M.W., Oreskes N., Einaudi M.T. Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic oxide (Cu-U-Au-REE) deposits // Precambrian Research, 1992, v. 58, pp. 241-287.
3. Sillitoe R.H. Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean view // Mineralium Deposita, 2003, v. 38, pp. 787-812.