

Ярмолюк В.В., Лыхин Д.А., Козловский А.М., Никифоров А.В., Травин А.В. Состав, источники и механизмы формирования редкометалльных гранитоидов позднепалеозойской Восточно-Саянской зоны щелочного магматизма (на примере массива Улан-Тологой) // Петрология. – 2016. – Т. 24. – № 5. – С. 515–536.

Vrublevskii V.V., Nikiforov V.A., Sugorakova A.M., Kozulina T.V. Mineralogy and Geochemistry of Cambrian Carbonatite-Alkaline Intrusions (Kharly Complex) from the Sangilen Plateau, Southern Siberia: Implications for Petrogenesis, Sources and Tectonic Settings of Early Paleozoic Magmatism in the Western Central Asian Orogenic Belt // Journ. of Asian Earth Sciences [Электрон. ресурс]. – 2020. – № 188. – P. 104163 (26 p.). – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43213676>. – DOI: 10.1016/j.jseas.2019.104163.

Weidendorfer D., Schmidt M.W., Mattsson H.B. A common origin of carbonatite magmas // Geology. – 2017. – Vol. 45 (6). – P. 507–510. – DOI: 10.1130/G38801.1.

УДК: 553.493

DOI: 10.24411/2658-4441-2020-10033

А.К. ХЕРТЕК

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ ТУВЫ И ИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Для современного промышленного производства особый интерес имеет группа элементов состоящих из 15-ти химических элементов, так называемые «лантаноиды», иттрий и скандий. К ним также относятся тантал, ниобий, цирконий, бериллий и другие элементы. Их использование с каждым годом растёт, особенно в сфере нанотехнологий. Также они являются важнейшим сырьём для лазерной техники, медицины, атомной энергетики, авиа и военной промышленности. Добыча редкоземельных металлов производится из месторождений, содержащих их собственные минералы. В число таких месторождений входят Арысканское (Y, Zr, REE) редкометалльное месторождение, Улуг-Танзекское месторождение редких металлов, Тастыгское месторождение лития, Карасугское редкоземельно-гематит-барит-флюоритовое месторождение и Дугдинский массив редких металлов, которые находятся в Республике Тыва. Одним из стратегически важных является Улуг-Танзекское месторождение, которое имеет большие запасы РЗМ.

В данной статье рассматриваются состояние проблемы и возможности освоения редкоземельных металлов Тувы.

Ключевые слова: редкоземельные металлы, лантаноиды, атомная, медицина, военная промышленность, Республика Тыва.

Рис. 2. Библ. 6. назв. С. 24–29.

A.K. KHERTEK

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)

RARE EARTH METALS OF TUVA AND THEIR DEPOSITS

A group of elements consisting of 15 chemical elements, the so-called «lanthanides», Yttrium and Scandium, is of particular interest for industrial production today. These also include tantalum, niobium, zirconium, beryllium, and other elements. Their use is growing every year, especially in the field of nanotechnology. They are also the most important raw materials for laser technology, medicine, nuclear energy, aviation and military industries. Rare earth metals are extracted from deposits containing their own minerals. These deposits include the Aryskan (Y, Zr, REE) rare metal Deposit, the

Ulug-Tanzek rare metal Deposit, the Tastyg lithium Deposit, the Karasug rare earth-hematite-barite-fluorite Deposit, and the Dugda massif of rare metals located in the Republic of Tuva. One of the strategically important deposits in the Republic of Tuva is the Ulug-Tanzeksky deposit, that has a large reserve of rare earth metals.

This paper considers the state of the problem and the possibility of exploring rare earth metals in Tuva.

Keywords: rare earth metals, lanthanides, nuclear, medicine, military industry, the Republic of Tuva.

Figures 2. References 6. P. 24–29.

ВВЕДЕНИЕ. Редкоземельные металлы — это группа химических элементов в периодической таблице Д.И. Менделеева, состоящая из 15-ти лантаноидов (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) скандия (Sc) и иттрия (Y). Иттрий и скандий считаются редкоземельными элементами, поскольку они, как правило, встречаются в тех же рудных месторождениях, что и лантаноиды, и имеют сходные химические свойства. По нахождению в природе и по атомной массе лантаноиды подразделяются на подгруппы: цериевую (лёгкие РЗЭ) и иттриевую (тяжёлые РЗЭ). Название «редкоземельные» было дано в связи с тем, что они сравнительно редко встречаются в земной коре и образуют тугоплавкие, практически не растворимые в воде оксиды. В начале прошлого столетия и ранее их называли «Землями». В современной научной литературе приняты сокращения: TR, REE, REM, РЗМ, РЗЭ.

Наша промышленность и повседневная жизнь зависят от них с каждым годом всё больше и больше. Они необходимы в производстве смартфонов, телефонов, в атомной промышленности, радиоэлектронике, машиностроении, медицине и других высокотехнологических продуктах. Благодаря им наши электронные устройства излучают свет и издадут звук. На жидкокристаллических мониторах создаются с помощью тербия зелёный цвет, европия — красный цвет. Кроме того, РЗМ имеют высокое химическое родство с неметаллами (O, N, P, S, H), которые обычно присутствуют в чёрных металлах, поэтому их применяют в качестве десульфураторов и раскислителей различных сплавов и сталей в металлургии.

Таким образом, большой спрос на РЗМ является показателем высокотехнологического развития страны, и, в свою очередь, обеспечивает устойчивое развитие других видов промышленного производства.

В данной работе рассматривается состояние проблемы изученности и возможного освоения месторождений редкоземельных металлов Тувы: Улуг-Танзекского, Арысканского, Тастыгского, Карасугского и Дугдинского.

КРАТКАЯ СТРУКТУРНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ.

В настоящее время в Туве выделены четыре структурно-металлогенических зоны, установленные по широкому развитию редкометалльной минерализации и проявлению рудопродуктивных магматических комплексов и рудоконтролирующих структур: Балыктыгхемская — в нагорье Сангилен, Билинская — вдоль восточной границы Тувы с Монголией и Иркутской областью, Восточно-Саянская — по Юго-Западному фасу Восточно-Саянского хребта и Кара-Сугская — в центральной части Тувы. Каждая из выделенных структурно-металлогенических зон характеризуется развитием в её пределах двух-трёх ведущих типов оруденения.

Восточно-Саянская СМЗ. Для этой зоны главной рудоконтролирующей формой является стадия редкометалльных кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов (иттриево-земельная субформация) с предварительно разведанным средним по масштабам месторождением Арыскан (*рис. 1*), которое находится на северо-востоке Тувы. Минералами-индикаторами для получения РЗМ в Арысканском месторождении являются бастнезит, монацит, пироклор, приорит, эшинит, эвксенит, ксенотим и т. д.

Кроме того, в этой структурно-металлогенической зоне широко развиты бериллиеносные двуслюдяные альбитизированные и грейзенизированные граниты — месторождения Снежное и Лево-Казырское.

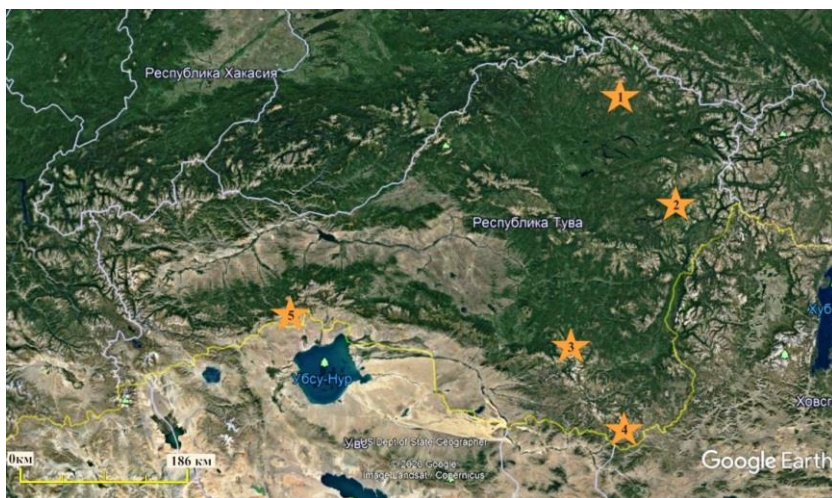


Рисунок 1. Обзорная карта месторождений и рудопроявлений редкоземельных металлов Тувы

1 — Арысканское (Y, Zr, REE) редкометалльное месторождение; 2 — Дугдинский массив редких металлов; 3 — Улуг-Танзекское редкометалльное месторождение; 4 — Тастыгское месторождение лития; 5 — Карасугское редкоземельно-гематит-барит-флюоритовое месторождение.

Билинская СМЗ имеет редкометалльно-редкоземельную специализацию. Характеризуется развитием редкометалльных апосиенитовых альбититов, агпайтовых сиенит-пегматитов, связанных с Дугдинским массивом (см. рис. 1); щелочных редкометалльных кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов с танталом, ниобием, цирконием, редкими землями, молибденом, серебром и криолитом (Тербенское месторождение) (Гречищев, Шаповалов, 2001).

Балыктыгхемская СМЗ — это редкометалльные пегматиты, разведанные на Тастыгском месторождении лития (см. рис. 1), сопоставимые по запасам с самыми крупными месторождениями мира, но с более высокими содержаниями оксида лития в руде. Сопутствующими компонентами в руде Тастыгского месторождения являются Ta, Nb, Be, Sn. В этой структурно металлогенической зоне находится Улуг-Танзекское месторождение редких (Ta, Nb, Zr, Hf, Li, REE, U, Th и криолит) металлов, которое сложено редкометалльными щелочными кварц-альбит-микроклиновыми метасоматитами. Месторождение Улуг-Танзек (см. рис. 1) расположено в северо-западной части Сангиленского нагорья и является одним из эталонных объектов формационного типа редкометалльных руд по прогнозным критериям, а также является главным промышленным типом месторождений первой группы по сложности геологического строения для целей разведки. Данные по критериям прогнозной оценки выработаны В.С. Кудриным ещё в процессе детальной и предварительной разведки (Кудрин и др., 1965; Кудрин, 1989; Гречищев, 1996).

В *Кара-Сугской СМЗ* широко развиты месторождения редких земель цериевой группы (Карасугское месторождение), связанные с карбонатитами; кроме одноимённого разведанного крупного месторождения здесь установлен ряд мелких проявлений, требующих оценки.

Карасугское редкоземельно-гематит-барит-флюоритовое месторождение (см. рис. 1) отличается от остальных редкометалльных месторождений Тувы практическим отсутствием фосфатов, титана, ниобия, очень низкими содержаниями иттрия, тяжёлых и средних лантаноидов, аномально высокими содержаниями флюорита, барита, стронция. Всё это роднит его с месторождением Баян-Обо, обеспечивающим монополию Китая как мирового производителя цериевых редких земель.

Среди открытых и разведанных проявлений полезных ископаемых Тувы особое место занимает Улуг-Танзекское редкометалльное месторождение, связанное со щелочными кварц-альбит-микроклиновыми метасоматитами.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ ТУВЫ. Основу ведущих отраслей производства, обеспечивающих экономическую и оборонную безопасность любого государства составляют стратегические виды природного минерального сырья. Особую роль играют редкоземельные металлы. До середины 80-х гг. XX в. главным производителем РЗМ был рудник Маунтин-Пасс, находящийся в Соединённых Штатах Америки и считавшийся крупнейшим рудником по добыче РЗЭ в мире. Однако в середине 80-х гг. XX в. в Китайской Народной Республике была разработана технология разделения редкоземельных металлов (Государственный доклад..., 2011). В 2002 г. после закрытия рудника Маунтин-Пасс его китайская альтернатива — рудник Баотоу — занял лидирующие позиции в данной области. Россия на сегодняшний день занимает 2-е место после КНР по балансовым запасам РЗМ, которые исследователями оцениваются в 27,7 млн т. Прогнозные ресурсы России составляют 5,2 млн т и являются крупнейшими в мире (National Geographic..., 2011). Российские запасы РЗМ сосредоточены в 16-ти месторождениях, наибольший интерес из них вызывают: Ловозерское лопаритовое, Томторское месторождения и Хибинская группа месторождений апатитовых руд, а также Улуг-Танзекское месторождение. На *рисунке 2* показаны основные месторождения редкоземельных металлов, а также распределение их запасов (млн т) и прогнозные ресурсы категории P_1 (тыс. т.) по регионам России.



Рисунок 2. Основные месторождения РЗМ по регионам России. Прогнозные ресурсы категории P_1 и распределение их запасов

Тува является одной из крупнейших провинций России по запасам РЗМ. Редкометалльный потенциал республики во много раз превосходит традиционные районы горнорудной промышленности (Урал, Восточное Забайкалье) как по числу редких металлов, так и по их запасам. Во второй половине XX века на территории Тувы было выявлено и разведано более 50-ти месторождений и рудопроявлений редких металлов, которые относятся к 15-ти различным генетическим и формационным типам (Гречищев, 2000). Наиболее крупные (Улуг-Танзекское, Арысканское, Тастыгское, Карасугское, Дугдинское) из них разведаны и подготовлены к освоению. Промышленные запасы этих месторождений по танталу, ниобию, цирконию, гафнию, литию, редким землям и урану составляют от 10 до 35 % от запасов, учтённых Государственным балансом страны.

Во второй половине прошлого столетия активно обсуждались планы их освоения, но по ряду причин их реализация была приостановлена. В основном структура сырь-

ею базы России, в т. ч. и Тувы, развивается не лучшим образом в отличие от зарубежной.

В России свыше 50% запасов ниобия и 80–100% тантала, циркония, иттрия, скандия заключены в трудноизвлекаемых рудах. Кроме того, большая часть РЗМ в стране находится в глубокозалегающих коренных породах, чаще всего в виде тонкой вкрапленности, содержащей несколько полезных компонентов с близкими физико-химическими свойствами. Такие руды легко переизмельчаются, а это приводит к большим потерям. Напр., полезные компоненты из редкометаллических щелочных гранитов извлекают всего на 40–50%. Даже из легко обогащаемых кор выветривания карбонатов, ниобия добывают не более 60–70%. В производственной цепочке дополнительно теряется почти половина исходного продукта, не только редкометаллические руды, но и извлекаемые из них полезные минералы (лопарит, колумбит, пироксенол, слюды, апатит, монацит и т. д.). За рубежом запасы редкоземельных металлов в таком количестве и при такой потере в производстве полезного компонента не разрабатывают либо не учитывают их запасы, поскольку практически все запасы РЗМ за пределами России сосредоточены в легкообогащаемых россыпях.

Страны ЕЭС и Япония своих запасов большинства редких металлов почти не имеют. Серьезное беспокойство в связи с недостаточной обеспеченностью страны собственными ресурсами богатых руд в XXI столетии проявилось в последнее время и в США. Однако, и США, и другие развитые государства в состоянии закупить стратегическое сырьё в необходимом количестве или инвестировать в его добычу в странах третьего мира. Россия же, учитывая дефицит средств, должна ориентироваться на создание и поддержку собственной сырьевой базы. Сырьевая база редкоземельных металлов России очень велика, но использование её в промышленных целях происходит в незначительной степени. Этому есть две причины: низкое качество руд и расположение месторождений в малоосвоенных, труднодоступных регионах страны. К таким малоосвоенным регионам относится и Республика Тыва.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом, сырьевые ресурсы в недрах планеты для большинства редкоземельных металлов можно признать безграничными в сравнении с уровнем их современного использования. В настоящее время почти во всех регионах России прекращено освоение подобных месторождений. Большинство редкометаллических месторождений были открыты и оценивались в 50-е годы прошлого столетия. Степень геологической изученности невысока и не соответствует современному уровню знаний о природе этих интересных рудных образований. Только в последние 10 лет стали появляться публикации не только по теории, но и по геологическому строению таких месторождений, их запасам и содержаниям. Такие сведения позволяют на фоне огромного числа малозначительных объектов выделить месторождения нового уровня, которые в перспективе могут обеспечить страну собственным редкометаллическим сырьём. Такими эталонными объектами на территории Тувы являются Улуг-Танзекское, Арысканское, Тастыгское, Карасугское, Дугдинское месторождения.

На сегодняшний день необходимо доизучение этих месторождений, в т. ч. переоценка с целью выявления имеющихся рентабельных запасов. При условии работы с достаточной прибылью есть вероятность обеспечения республики и Российской Федерации сразу тремя стратегическими металлами — ниобием, танталом и редкими землями. Реализация для освоения ресурсов возможна лишь при государственной поддержке.

ЛИТЕРАТУРА

Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации за 2011 г.» раздел «Редкоземельные металлы»: Информационно-аналитический центр «Минерал» [Электрон. ресурс]. – 2011. – Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/131017/, свободный.

- Гречищев О.К.* Уран в рудах Улуг-Танзекского месторождения // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы Междунар. конф., посвящ. столетию со дня открытия явления радиоактивности и столетию Томского политехн. ун-та (22–24.05.1996, Томск) / Отв. ред. Л.П. Рихванов. – Томск: ТПИ, 1996. – С. 147–151.
- Гречищев О.К., Шаповалов Д.Н.* О влиянии скрытого Балыктыгхемского разлома на размещение редкометалльного оруденения в Восточной Туве // Металлогения древних и современных океанов: Материалы VII науч. студ. шк. (23–28.04, 2001, Миасс) / Отв. ред.: В.В. Зайков, Е.В. Белогуб; ред. Е.В. Зайкова, К.А. Новоселов, В.А. Попов. – Миасс: Геотур, 2001. – С. 298–301.
- Кудрин В.С., Кудрина М.А., Шурига Т.Н.* Редкометалльные метасоматические образования, связанные с субщелочными гранитоидами // Геология месторождений редких элементов. – М.: Наука, 1965. – Вып. 25. – 146 с.
- Кудрин В.С.* Критерии прогнозной оценки комплексных редкометалльных месторождений, связанных с плутоническими щелочными кварц-альбит-микроклиновыми метасоматитами // Прогнозирование, поиски и оценка редкометалльных месторождений. – М.: ВИМС, ИМГРЭ, 1989. – С. 45–55.
- National Geographic. Россия* [Электрон. ресурс]. – 2011. – № 6. – Режим доступа: <http://nat-geo.ru/article/106-semnadsat-elementov-redkozemelnyie-metaiiyi>.