

**А.М. СУГОРАКОВА***Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

## **НОВЫЕ ДАННЫЕ К ВОПРОСУ О МАГМАТИЗМЕ ВОСТОЧНОЙ ТУВЫ: I. ВОЗРАСТ АССОЦИАЦИЙ КААХЕМСКОГО МАГМАТИЧЕСКОГО АРЕАЛА. II. ЩЕЛОЧНОЙ МАГМАТИЗМ ЦЕНТРАЛЬНОГО САНГИЛЕНА**

Приведены результаты позднейших геохронологических и изотопных исследований на территории центральных и восточных районов Каахемского магматического ареала и щелочного магматизма Центрального Сангилен. Установлено, что масштабное гранитообразование происходило примерно 500–450 млн лет назад многократно, предваряемое каждый раз габброидным магматизмом. Начало формирования щелочных массивов на Центральном Сангилене совпало с эпохой аккреционно-коллизийного магматизма и воздействием Алтае-Саянской горячей мантии. Позднепалеозойский этап щелочного магматизма связан с внутриплитной активностью по всей территории Восточной Тувы.

*Ключевые слова:* Восточная Тува, Каахемский магматический ареал, гранитообразование, габброиды, Центральный Сангилен, щелочные массивы, геохронология, изотопия, аккреционно-коллизийный магматизм, внутриплитный магматизм.

Табл. 1. Библ. 28 назв. С. 18–24.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: Гранты № 10-05-00796; № 13-05-00181; № 16-05-00255 и № 20-05-00344*

**A.M. SUGORAKOVA***Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

### **NEW DATA ON THE MAGMATISM OF EASTERN TUVA: I. AGE OF ASSOCIATIONS OF THE KAAKHEM MAGMATIC AREA; II. ALKALINE MAGMATISM OF CENTRAL SANGILEN**

The results of the latest geochronological and isotope studies in the central and eastern regions of the Kaakhem magmatic area and alkaline magmatism in Central Sangilen are presented. It has been established that large-scale granite formation accured within 500-450 million years ago in many times, each time proceeded by gabbroid magmatism. The beginning of the formation of alkaline massifs in Central Sangilen coincided with the era of accretion-collisional magmatism and the impact of the Altai-Sayan hot mantle. The Late Paleozoic stage of alkaline magmatism is associated with intraplate activity throughout the territory of Eastern Tuva.

*Keywords:* Eastern Tuva, Kaakhem magmatic area, granite formation, gabbroids, Central Sangilen, alkaline massifs, geochronology, isotopy, accretion-collisional magmatism, intraplate magmatism.

Table 1. References 28. P. 18–24.

**I. КААХЕМСКИЙ МАГМАТИЧЕСКИЙ АРЕАЛ** площадью более 30 000 км<sup>2</sup> представляет собой совокупность разнообразных магматических образований, сформированных за длительный период времени с венда по пермь (563–293 млн лет). Более 80 % площади ареала занимают гранитоидные ассоциации в интервале 500–450 млн лет, которые составляют собственно Каахемский батолит, сформированный на аккреционно-коллизийном этапе корообразования в Центральной Азии. В последнее время появляется всё больше данных, свидетельствующих, что масштабное гранитообразование

обусловлено предварительным или сопутствующим базитовым магматизмом, вызванным внутриплитной активностью. На примере раннепалеозойских батолитов Алтае-Саянской складчатой области (АССО) С.Н. Руднев показал, что эти грандиозные по своим масштабам геологические образования имеют сложное строение и сформированы сопряжёнными во времени и пространстве гранитоидными и габброидными ассоциациями (Руднев и др., 2006, 2015; Руднев, 2013).

Крупнейшим среди раннепалеозойских батолитов АССО является Каахемский батолит, охватывающий весь бассейн р. Каа-Хем (Мал. Енисей) до восточной границы с Монголией (более 30 000 км<sup>2</sup>). Ввиду труднодоступности центральных и восточных частей батолита предыдущими исследователями были изучены только западные участки — чуть более 30 % площади. Автору удалось поработать восточнее 96° долготы и получить новые результаты.

Таблица 1. Результаты геохронологических и изотопных исследований пород Каахемского магматического ареала

Массив, географическая привязка	Комплекс (ассоциация)	Возраст, млн лет	Метод	$\epsilon\text{Nd}(T)$	Источник информации
Островодужный магматизм					
Коптинский	Диорит-тоналит-плагиограниты	563±4	U-Pb	+6,5	Руднев и др., 2006
Буренский	Тоналит-плагиограниты	536±4	Ar-Ar	+6,4	Руднев и др., 2006
Аккреционно-коллизийный магматизм + Алтае-Саянская горячая точка мантии					
<b>Зубовский</b>	<b>монцогаббро-монцит-граносиениты</b>	<b>512±2 520±3</b>	<b>Ar-Ar U-Pb</b>	<b>+2,6 +3,1</b>	Руднев и др., 2006 Гусев, Суфиев, 2017
<b>Тужема</b>	<b>габбро-нориты биотитовые</b>	<b>500±10</b>	<b>U-Pb</b>	<b>+6,2</b>	Сугорокова, 2015
Бахаревский порог	гнейсо-мигматиты меланократовые	504±4	U-Pb		Сугорокова, 2015
Теректыг-Чедерский	тоналит-плагиограниты	499±5 510–492±6	U-Pb U-Pb	+6,2 +5,7...+6,4	Руднев и др., 2015 Гусев, Суфиев, 2017
Кара-Осский	диорит-тоналиты	490±3	U-Pb	+4,1	Руднев и др., 2015
Тапсинский	диорит-тоналит-плагиограниты	486±4	U-Pb	+5,3	Руднев и др., 2015
<b>Мажалькский оз. Чагьтай</b>	<b>перидотит-пироксенит-габбронориты</b>	<b>484±2 478±2</b>	<b>U-Pb Ar-Ar</b>	<b>+4,8...+5,7</b>	Сальникова и др., 2003 Бородина и др., 2004
Раннетаннуольский р. Бай-Сют	диорит-тоналит-плагиограниты	479±2	U-Pb	+4,1	Руднев и др., 2015
<b>Янзели Бальктыг-Хем</b>	<b>минглинг-дайка, гранитная часть</b>	<b>477±3</b>	<b>La-ICP-MS</b>		Кармышева и др., 2020
Чарашский, р. Бай-Сют	тоналит-плагиограниты	474±4	U-Pb	+3,9	Руднев и др., 2006
Постколлизийный магматизм + Алтае-Саянская горячая точка мантии					
<b>Шуйский</b>	<b>габбро-габбронориты</b>	<b>449±4,2</b>	<b>U-Pb</b>	<b>+2,7</b>	Монгуш, Сугорокова, 2013
Позднетаннуольский Ужеп-Чадал	кварцевые диориты-тоналиты	456±5	U-Pb		Сугорокова, 2015
Позднетаннуольский село Эржей	диорит-тоналит-плагиограниты	451±5,7	U-Pb	+3,4	Козаков и др., 1998
Бренский село Сизим	гранодиориты-граниты двуполевошпатовые	450±5	U-Pb	+1,7...+0,4 +4,8	Руднев и др., 2006 Сугорокова, 2014
Байбалыкский		455±5	U-Pb		Сугорокова, 2007
Сарыгчазинский		453±3	U-Pb	+3,0	Сугорокова, 2015
Белбейская мульда	игнимбриты	446±6	U-Pb	+2,8...+4,1	Сугорокова, 2014, 2016
Внутриплитный магматизм					
<b>Чадалский</b>	<b>оливиновые габбро, габбронориты биотитовые</b>	<b>минглинг с щелочными гранитоидами</b>		<b>+4,2</b>	Сугорокова, 2008; Сугорокова и др., 2011
Шивейский	щелочные граниты-кварцевые сиениты	297,1±3,8, 293,3±3,8	U-Pb	+3,4	Сугорокова и др., 2011

Примечание. Полужирным шрифтом выделены массивы габброидов.

В *таблице 1* отражены все известные к настоящему времени геохронологические и Sm-Nd изотопные данные для Каахемского магматического ареала. Островодужный этап гранитоидного магматизма предварялся и сопровождался базальт-андезит-риолитовым вулканизмом. Аккреционно-коллизийный гранитоидный магматизм начинается внедрением габброидных массивов повышенной щёлочности с внутриплитными характеристиками, отражающими существование Алтае-Саянской горячей точки мантии (мантийного плюма). В интервале времени с 512 до 474 млн лет нам известны 4 уровня проявления габброидного и 6 — гранитоидного магматизма, что говорит о практически непрерывном процессе гранитообразования. Преобладающая часть этих гранитоидов расположена на западе ареала.

После перерыва в 20 млн лет, в интервале 455–445 млн лет, наступает следующий, основной этап гранитообразования — постколлизийный, также предваряемый формированием габброидов с внутриплитными метками (Монгуш, Сугоракова, 2013). Гранитоиды этого этапа — гнейсовидные меланогранитоиды позднеаннуольские и двуполевошпатовые гранитоиды брэнские, занимают пространства в сотни километров и слагают основную часть Каахемского ареала. Различия в их химическом составе при синхронности формирования отражают особенности состава субстрата, из которых выплавлялись гранитоидные магмы. Для этого этапа также характерно проявление синхронного вулканизма с игнимбритовым типом извержений (Сугоракова, Монгуш, 2008, 2012; Сугоракова, 2014, 2016).

В последнее время получены новые результаты петрогеохимических, геохронологических и изотопных исследований пород центральной и восточной части Каахемского магматического ареала. Выявлены несколько типов габброидов и гранитоидов с очень сложными взаимоотношениями. Установлено, что в коллизийной и постколлизийной стадии формирования ареала каждый этап гранитоидного магматизма предварялся базитовыми расплавами с образованием бимодальных ассоциаций (Сугоракова, Хертек, 2017). Бимодальные ассоциации сопровождаются специфическими явлениями, позволяющими их опознать: проявлениями минглинга и миксинга, комбинированными дайками, однородными базитовыми включениями в гранитоидах. Описанные явления установлены на породах коллизийных ассоциаций возрастов 510–475, постколлизийных ассоциаций 450 и внутриплитного магматизма 300 млн лет. Таким образом, формирование масштабного гранитообразования в коллизийных зонах обусловлено участием базитовых расплавов мантийного происхождения при внутриплитных процессах.

**II.** Территория Восточной Тувы относится к восточной части Алтае-Саянской складчатой области, структура которой была сформирована в результате раннепалеозойских (раннекаледонских) аккреционно-коллизийных процессов. Последние сопровождались высокой магматической активностью, приведшей к формированию в раннем ордовике крупной гранитоидной провинции, которая запечатала складчатую структуру области. В последующей истории геологического развития региона магматическая деятельность была сопряжена с внутриплитными процессами. Особенно значительными стали проявления девонского магматизма, сопровождавшие образование Восточно-Тувинского рифтогенного прогиба. В соответствии с этими двумя важнейшими структурообразующими событиями (аккрецией и рифтогенезом) предполагалось, что гранитоидный магматизм в регионе в основном завершился к позднему палеозою.

В последние годы в связи с интересом к редкометалльным месторождениям Тувы были выполнены геохронологические исследования ряда рудоносных гранитоидных массивов (Улуг-Танзек, Улан-Тологой и т. д.), и установлено, что они сформированы в узком интервале времени, отвечающем самому концу карбона — началу перми (Ярмолюк и др., 2010, 2016). Определена также вещественная специфика этих массивов — все они представлены щелочными гранитами.

Наряду с ними в регионе отмечаются и другие проявления магматизма повышенной щёлочности — сиениты, в т. ч. нефелиновые, граносиениты и другие, которые

традиционно выделяются на всех государственных геологических картах как сангиленский комплекс, формировавшийся в девоне.

Однако, как показали наши последние исследования, по крайней мере часть из них следует связывать с раннепермскими магматическими событиями, что, во-первых, расширяет масштаб и формационный объём позднепалеозойского магматизма, и, во-вторых, поднимает ряд вопросов о петротипах сангиленского комплекса девона. Раннепермскими оказались как представители первой фазы этого комплекса — сиениты-граносиениты Акхемского массива, так и второй фазы — нефелиновые сиениты Коргеретабинского массива. В связи с этим назрела необходимость определения объёмов и этапов щелочного магматизма. Выполнен комплекс петрографических, минералогических, геохимических, геохронологических и изотопно-геохимических исследований для массивов фойдолитов, нефелиновых сиенитов, щелочных гранитоидов и пегматитов, а также карбонатитов:

- проведены изотопные и геохронологические исследования по Баянкольскому, Харлинскому, Чикскому и Дахунурскому фойдолит-фойяитовым интрузивам Центрального Сангилен, которые позволяют предполагать начальную фазу развития регионального щелочного магматизма ещё в раннем палеозое, а также своеобразие геодинамических обстановок и гетерогенность его источников (Сальникова и др., 2018; Врублевский и др., 2014; Никифоров и др., 2014; Vrublevski et al., 2020);
- проведены геохронологические исследования фойит-сиенитовых массивов (Коргеретабинского и Акхемского), которые позволили выделить позднепалеозойский этап щелочного магматизма (Никифоров и др., 2018 *a, б*).

Согласно впервые полученным данным Ar-Ar датирования, возраст кристаллизации карбонатитов в Баянкольском массиве составляет  $479 \pm 14$ ,  $347,6 \pm 2,7$  и  $322,5 \pm 4,2$  млн лет (Прокопьев и др., 2018).

Проведены изотопные исследования щелочных пород (Врублевский и др., 2019).

С целью оценки роли карбонатной среды в формировании щелочных магматических комплексов и их рудоносности проведено изучение вмещающих их осадочных карбонатных пород Восточно-Тувинской щелочной провинции. Определены P-T параметры метаморфизма карбонатных пород.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Формирование щелочного магматизма (фойдолитов, нефелиновых сиенитов, щелочных гранитоидов и пегматитов, а также карбонатитов) на плато Сангилен в юго-восточной Туве начало происходить уже в кембрии на рубеже  $\sim 490$ – $500$  млн лет и продолжалось на рубеже карбона–перми —  $290$ – $305$  млн лет. Это позволяет рассматривать её как производную раннепалеозойской крупной изверженной провинции, выделяемой в западной части ЦАСП.
2. Среди щелочных пород проявлены комагматичные жильные карбонатиты, которые рассматриваются как высокотемпературные ликвационные образования.
3. Вариации изотопного состава неодима интрузивных массивов свидетельствуют о гетерогенности родственных магматических источников, связанной с различной степенью частичного смешения вещества умеренно деплетированной мантии PREMA и резервуара EM 1. Установленный радиогенный изотопный состав стронция, высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  пород и минералов обусловлены вероятной контаминацией расплавов в верхних горизонтах литосферы.
4. Для Центрального Сангилен, по всей видимости, реализовывался сценарий, когда формирование щелочных пород происходило на фоне общего разогрева вмещающих карбонатных толщ до температур порядка  $550^\circ\text{C}$ . Такие P-T параметры близки к солидусу некоторых карбонатных систем, богатых щелочами (Weidendorfer et al., 2017). Даже если плавление не наступало, то общий разогрев вмещающих пород способствовал протеканию реакций взаимного обмена на контактах разнородных тел. В нашем случае это облегчало ассимиляцию магматическими расплавами окружающего пространства.

Таким образом, установлено, что масштабное гранитообразование происходило примерно 500–450 млн лет назад многоактно, предваряемое каждый раз габброидным магматизмом. Начало формирования щелочных массивов на Центральном Сангилене совпало с эпохой аккреционно-коллизийного магматизма и воздействием Алтае-Саянской горячей мантии. Позднепалеозойский этап щелочного магматизма связан с внутриплитной активностью по всей территории Восточной Тувы.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: Гранты № 10-05-00796; № 13-05-00181; № 16-05-00255 и № 20-05-00344.*

## ЛИТЕРАТУРА

- Бородина Е.В., Егорова В.В., Изох А.Э.* Петрология ордовикских коллизийных перидотит-габбровых массивов (на примере мажальского интрузива, Юго-Восточная Тува) // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – № 9. – С. 1075–1091.
- Врублевский В.В., Никифоров А.И., Сугорова А.М., Лыхин Д.А., Козулина Т.В., Юдин Д.С.* Возраст и природа щелочных пород Дахунурского плутона, Юго-Восточная Тува // Изв. Томского политехн. ун-та. – 2014. – Т. 324 (1). – С. 146–153.
- Врублевский В.В., Никифоров А.В., Сугорова А.М., Козулина Т.В.* Мантийно-корочная природа раннепалеозойских щелочных интрузий Центрального Сангилена, Тува (по Nd, Sr, Pb, С, O изотопным данным) // Геология и геофизика. – 2019. – Т. 60. – № 5. – С. 591–605. – DOI: 10.15372/GiG2019032.
- Гусев Н.И., Суфиев А.А.* Интрузивные образования западной части Каахемского ареал-плутона и медно-порфировое оруденение Тувы // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. Вып. 15. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2017. – С. 76–78.
- Кармышева И.В., Сугорова А.М., Руднев С.Н., Семенова Д.В.* Раннепалеозойские минглин-дайки Агойского блока (Каахемский магматический ареал, Восточная Тува): состав, возраст, механизмы образования // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. Вып. 18. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2020. – С. 147–148.
- Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Коваленко В.И., Котов А.Б., Лебедев В.И., Сугорова А.М.* Возраст постколлизийного магматизма ранних каледонид Центральной Азии (на примере Тувы) // Докл. РАН. – 1998. – Т. 360. – № 4. – С. 514–517.
- Монгуш А.А., Сугорова А.М.* Возраст и источники магм постколлизийных габброидов Каахемского магматического ареала, Восточная Тува: результаты первых  $^{49}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и Sm-Nd исследований // Геохимия. – 2013. – № 11. – С. 1042–1047.
- Никифоров А.В., Сугорова А.М., Врублевский В.В., Лыхин Д.А.* Нефелин-сиенитовые комплексы Сангиленского нагорья: время формирования Чикского массива // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. Вып. 12. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2014. – С. 219–220.
- Никифоров А.В., Сальникова Е.Б., Сугорова А.М., Поляков Н.А., Хертек А.К.* Позднепалеозойский магматизм Сангиленского нагорья (Восточная Тува) // Геология, магматизм и металлогения Центра Азии. 2018: Рудно-магматическая система Сангилена (щелочные интрузивы, карбонатиты): Материалы I Всерос. полевого конф. с междунар. участием (14–30.07.2018, Сангилен, Россия) / Отв. ред. канд. геол.-мин. наук А.А. Монгуш [Электрон. ресурс]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2018 а. – С. 84–88. – Режим доступа: <http://tikopr.sbras.ru/>; [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_36354046\\_47572915.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36354046_47572915.pdf), свободный.
- Никифоров А.В., Ярмолюк В.В., Сальникова Е.Б., Сугорова А.М., Анисимова И.В.* Этапы формирования нефелинсодержащих пород Сангиленского нагорья // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы X Всерос. с междунар. участием петрографической конф. (27–30.11.2018, Томск). – Томск, 2018 б. – С. 262–266.
- Прокопьев И.Р., Пономарчук А.В., Кужугет Р.В.* Новые данные Ar-Ar датирования щелочных пород Баянколского массива (Плато Сангилен, Юго-Восточная Тува) // Геология, магматизм и металлогения Центра Азии. 2018: Рудно-магматическая система Сангилена (щелочные интрузивы, карбонатиты): Материалы I Всерос. полевого конф. с междунар. уча-

- стием (14–30.07.2018, Сангилен, Россия) / Отв. ред. канд. геол.-мин. наук А.А. Монгуш [Электрон. ресурс]. – Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН, 2018 а. – С. 88–90. – Режим доступа: <http://tikopr.sbras.ru/>; [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_36354047\\_87078378.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36354047_87078378.pdf), свободный.
- Руднев С.Н., Владимиров А.Г., Пономарчук В.А. и др.* Каахемский полихронный гранитоидный батолит (В. Тува): состав, возрасты, источники и геодинамическая позиция // Литосфера. – 2006. – № 1. – С. 30–42.
- Руднев С.Н.* Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озёрной зоны Западной Монголии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 300 с.
- Руднев С.Н., Серов П.А., Киселева В.Ю.* Венд-раннепалеозойский гранитоидный магматизм Восточной Тувы // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56. – № 9. – С. 1572–1600.
- Сальникова Е.Б., Козаков И.К., Ковач В.П., и др.* Раннеордовикский возраст мажалькского комплекса Восточной Тувы: U-Pb метод по циркону // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза: Материалы науч. совещ. – СПб.: Центр информационной культуры, 2003. – С. 450–452.
- Сальникова Е.Б., Стифеева М.В., Никифоров А.В., Ярмолюк В.В., Котов А.Б., Анисимова И.В., Сугоракова А.М.* Гранаты ряда андрадит-моримотоит — потенциальные минералы геохронометры для U-Pb датирования ультраосновных щелочных пород // Докл. АН. – 2018. – Т. 480. – № 5. – С. 583–586. – DOI: 10.7868/S0869565218050171.
- Сугоракова А.М.* К вопросу о возрасте гранитоидного брэнского комплекса // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. Вып. 5. В 2 т. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2007. – Т. 2. – С. 105–106.
- Сугоракова А.М., Монгуш А.А.* Позднеордовикская вулканоплутоническая ассоциация Восточной Тувы: геолого-петрографические и петрохимические особенности // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. Вып. 6. В 2 т. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2008. – Т. 2. – С. 117–118.
- Сугоракова А.М., Ярмолюк В.В., Лебедев В.И., Лыхин Д.А.* Позднепалеозойский щёлочногранитоидный магматизм Тувы и его связь с внутриплитными процессами в пределах Сибирского палеоконтинента // Докл. РАН. – 2011. – Т. 439. – № 5. – С. 641–647.
- Сугоракова А.М., Монгуш А.А.* Позднеордовикская гранитоидно-игнимбритовая вулканоплутоническая ассоциация в Каахемском магматическом ареале (Восточная Тува) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. Вып. 10. В 2 т. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2012. – Т. 2. – С. 109–110.
- Сугоракова А.М.* О синхронности формирования гранитоид-игнимбритовой ассоциации в Каахемском магматическом ареале (Восточная Тува) // Граниты и эволюция Земли: граниты и континентальная кора: Материалы II Междунар. геол. конф. (17–20.08.2014, Новосибирск, Россия). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – С. 194–195.
- Сугоракова А.М.* Новые геохронологические и изотопные данные к вопросу о возрасте ассоциаций Каахемского магматического ареала (Восточная Тува) // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию ТуВИКОПР СО РАН (14–15.10.2015, Кызыл, Россия) / Отв. ред. докт. экон. наук Г.Ф. Балакина. – Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН, 2015. – С. 166–168.
- Сугоракова А.М.* Брэнская синхронная вулканоплутоническая ассоциация (Каахемский магматический ареал, Восточная Тува) // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы VIII Всерос. петрограф. конф. с междунар. участием (28.11–03.12.2016, ТГУ. Томск). – Томск: ТГУ, 2016. – С. 292–296.
- Сугоракова А.М., Хертек А.К.* Новые данные к вопросу о возрасте Каахемского магматического ареала (Восточная Тува) // Геосферные исследования. – 2017. – № 3. – С. 50–60. – DOI: 10.17223/25421379/4/7.
- Ярмолюк В.В., Никифоров А.В., Сальникова Е.Б., Травин А.В., Козловский А.М., Котов А.Б., Шурига Т.Н., Лыхин Д.А., Лебедев В.И., Анисимова И.В., Плоткина Ю.В., Яковлева С.З.* Редкометалльные гранитоиды месторождения Улуг-Танзек (Восточная Тува): возраст и тектоническое положение // Докл. АН. – 2010. – Т. 430 (2). – С. 248–253.

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 Aryskaan (Y, Zr, REE) rare metal Deposit, the