

**Ухадагская габбро-гранитная ассоциация:  
состав, возраст, тектонические и геодинамические обстановки (Западный Сангилен, ЮВ Тува)**

© *И. В. Кармышева*<sup>1,2</sup>, *В. Г. Владимиров*<sup>1,2</sup>, *В. А. Яковлев*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Россия. E-mail: iri@igm.nsc.ru

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия. E-mail: iri@igm.nsc.ru

В работе приводится характеристика габбро-гранитного магматизма Западного Сангилена (ЮВ Тува), внедрение и становление которого происходило в обстановках постколлизийного растяжения на рубеже  $485 \pm 5$  млн лет. К образованиям данного периода отнесена ухадагская габбро-гранитная ассоциация, характерными чертами которой являются: преобладание гранитоидного магматизма над основным; высоко-щелочная, преимущественно калиевая, специализация кислого магматизма; синтетектонический генезис базитов и локальное вовлечение в деформации гранитоидов.

**Ключевые слова:** коллизия; постколлизийные граниты; минглинг; тектоническая зона; Западный Сангилен; Тува.

**Ukhadag gabbro-granite association: composition, age, tectonic and geodynamic settings  
(Western Sangilen, South-East Tuva)**

*I. V. Karmysheva*<sup>1,2</sup>, *V. G. Vladimirov*<sup>1,2</sup>, *V. A. Yakovlev*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: iri@igm.nsc.ru

<sup>2</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia. E-mail: iri@igm.nsc.ru

The paper is devoted to description of the gabbro-granitic magmatism of Western Sangilen (SE Tuva). Introduction and development of contrasting magmas is associated with the conditions of post-collisional stretching at the turn of  $485 + 5$  million years. The formations of this period include the Uhadag gabbro-granite association. The characteristic features of the association are: predominance of granitoid magmatism over basite magmatism; high-alkaline, mainly potassium, specialization of salic magmatism; syn-tectonic genesis of basites and local involvement of granitoids in deformations.

**Keywords:** collision; post-collisional granites; mingling; shear zone; Western Sangilen.

Детальные исследования Западного Сангилена проводятся уже на протяжении нескольких десятков лет [см. обзор в 1–2]. Накоплен существенный объем данных по геологическому строению, магматизму, метаморфизму и изотопно-геохронологическому датированию, однако, многие проблемы остаются нерешенными. В первую очередь, это касается вопросов расчленения габбро-гранитных интрузивных серий и их соотнесение с тектоническими и геодинамическими обстановками.

Структура Западного Сангилена была сформирована в результате коллизии Таннуольской островной дуги и Тувино-Монгольского микроконтинента (ТММ) в кембро-ордовикское время [3, 6, 1]. Многочисленные структурно-петрологические и изотопно-геохронологические исследования региона позволяют выделить раннеколлизийный (570–535 млн лет), собственно коллизийный (535–495 млн лет) и постколлизийный (495–430 млн лет) этапы. Пик сжатия и начало растяжения орогена приходится на рубеж  $495 \pm 10$  млн лет [1–2]. Постколлизийный период сопровождался фрагментацией и развалом орогенной системы, утонением земной коры и активным габбро-гранитным магматизмом, приуроченным к линейным зонам растяжения [2].

По изотопно-геохронологическим данным выделяется пик  $485 \pm 5$  млн лет, сопровождающийся масштабным гранитоидным магматизмом. К массивам этого возраста относятся Тесхемский ( $473 \pm 7$  млн лет (Rb-Sr) [7];  $480 \pm 5,4$  млн лет (U-Pb) [4]), Ухадагский ( $471,2 \pm 10$  млн лет (Rb-Sr) [8]) и Эрзинский ( $491,6 \pm 9,5$  млн лет (U-Pb) [5]). Проведенные нами изотопно-геохронологические исследования петрографически сходных гранитов и граносиенитов, расположенных в пределах Эрзинской тектонической зоны, подтвердили широкое проявление кислого интрузивного магматизма в этот период. По цирконам из гранитов U-Pb методом были получены данные:  $485,7 \pm 2,4$  млн лет,  $487,4 \pm 2,1$  млн лет,  $486,7 \pm 1,9$  млн лет.

Гранитоиды ухадагского типа представляют собой крупнопорфиновые (Kfs) лейкограниты (Qtz — 40–45%, Kfs — 30–35%, Pl — 10–20%, Bt — 1–3%,  $\pm$  Hbl) и граносиениты (Qtz — 15–20%, Kfs — 30–45%, Pl — 10–15%, Bt — 3–5%, Hbl — 5–10%). По составу граниты ухадагского типа соответствуют высоко-щелочным высококалиевым ( $\text{SiO}_2$  — 62,28–78,25 мас.%,  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  — 6,35–9,46 мас.%,  $\text{K}_2\text{O}$  — 3,08–6,65 мас.%), умеренно-глиноземистым (A/CNK — 0,85–1,08), известково-

щелочным и щелочно-известковым породам с широким рядом составов от магнезиальных до железистых разновидностей. Для них характерны высокие содержания редких земель с преобладанием LREE над HREE  $(La/Yb)_n = 2,16-16,04$  и отрицательная Eu-аномалия  $(Eu/Eu^*)_n = 0,4-0,83$ . На спайдер-диаграммах отмечаются минимумы по Nb, Ta, Sr и Ti.

Пространственно к гранитам приурочены мелкие тела габброидов: линейные минглинг-структуры, округлые и линзообразные тела базитов, реликтовые «перистые» растянутые фрагменты мафических пород в крупно- и мелкозернистых граносиенитах. Мощность линейных тел и синплутонических даек относительно небольшая (до 4–5 м). По составу породы варьируют от монцогаббро ( $Hbl = 45-60\%$ ,  $Kfs = 20-35\%$ ,  $Pl = 10-15\%$ ,  $Bt = 5\%$ ,  $Qtz = >5\%$ ) до диоритов ( $Pl = 50-55\%$ ,  $Hbl = 25-30\%$ ,  $Bt = 30\%$ ,  $Qtz = 1-3\%$ ). По составу они относятся к высоко-щелочной серии ( $SiO_2 = 47,29-53,33$  мас.%,  $Na_2O+K_2O = 4,10-5,53$  мас. %) с умеренным содержанием калия ( $K_2O = 0,69-2,15$  мас.%). Распределение РЗЭ характеризуется пологими отрицательными спектрами с преобладанием LREE над HREE  $(La/Yb)_n = 2,59-6,77$  и отсутствием Eu-аномалии  $(Eu/Eu^*)_n = 0,95-1,16$ . На мультиэлементных спектрах наблюдается обогащение Cs, Rb, U, Th, K и минимумы по Nb, Ta, Hf, Ti.

По составу габброиды сопоставимы с другими базитовыми комплексами и мафической частью минглинг-даек Западного Сангилена, что подтверждает их внедрение из единой магматической камеры [10]. Граниты ухадагского типа по своим высоко щелочным высококалийным характеристикам и порфириновидному облику резко выделяются среди кислых интрузивов региона, чье внедрение и становление происходило в другие временные интервалы.

В породах основного состава наблюдаются сдвиговые вязко-пластичные деформации: вытягивание и разрывы фрагментов базитов, отдельные «цепочки» фрагментов образуют S-образные структуры растяжения с левосторонней кинематикой, характерной для постколлизиионного этапа на Западном Сангиле. Синдеформационное внедрение базитов в базальные части кислой камеры подтверждается результатами численного моделирования. Проведенные эксперименты [9] показали необходимое участие тектонического фактора в процессах смещения контрастных по составу магм и их подъему на поверхность.

Крупнозернистые граниты преимущественно не деформированы, однако, в краевых частях массивов в мелкозернистых разновидностях на контакте с вмещающими породами наблюдаются признаки течения, отчетливая минеральная линейность, совпадающая с минеральной линейностью и полосчатостью вмещающих гнейсов. В порфириновидных гранитах ухадагского типа на эндоконтактах фиксируются теневые структуры мигматитов. Во вмещающих породах наблюдаются наложенные левосдвиговые вязко-пластичные структуры C/S типа. Массовое выплавление гранитов и их неоднородное вовлечение в тектонические процессы является характерным для этапа трансенсии, сопровождающегося фрагментацией и широким образованием зон растяжения.

Таким образом, на основании изотопных и структурно-петрологических данных в интрузивных образованиях Западного Сангилена можно выделить ухадагскую габбро-гранитную ассоциацию, чье внедрение и становление происходило в период 485 млн лет. К данной ассоциации относятся магматические породы, чье внедрение происходило в узкий временной интервал и контролировалось единым тектоническим режимом. Характерными чертами ухадагской ассоциации являются: преобладание гранитоидного магматизма над основным; высоко-щелочная, преимущественно калиевая, специализация кислого магматизма; синтектонический генезис базитов и локальное вовлечение в деформации гранитоидов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проектов РФФИ № 16-05-01011, 18-05-00105, 18-35-00467-мол\_a, планов НИР ИГМ СО РАН (проект № 0330-2016-0003), проекта Министерства образования и науки РФ № 5.1688.2017/ПЧ.*

#### *Литература*

1. Модель тектоно-метаморфической эволюции Сангилена (Юго-Восточная Тува, Центральная Азия) как отражение раннекаледонского аккреционно-коллизиионного тектогенеза / В. Г. Владимиров [и др.] // Докл. РАН. 2005. Т. 405. № 1. С. 82–88.
2. Термохронология минглинг-даек Западного Сангилена (ЮВ Тува): свидетельства развала коллизиионной системы на северо-западной окраине Тувино-Монгольского массива / В. Г. Владимиров [и др.] // Geodinamics & Tectonophysics. 2017. V. 8. I. 2. P. 283–310.
3. Гибшер А. С., Владимиров А. Г., Владимиров В. Г. Геодинамическая природа раннепалеозойской покровно-складчатой структуры Сангилена (Юго-Восточная Тува) // Докл. АН. 2000. Т. 370. № 4. С. 489–492.

4. Возрастные рубежи структурного развития метаморфических комплексов Тувино-Монгольского массива / И. К. Козаков [и др.] // Геотектоника. 2001. № 3. С. 22–43.
5. О полихронности развития палеозойского гранитоидного магматизма в Тувино-монгольском массиве: результаты U-Pb геохронологических датирований / И. К. Козаков [и др.] // Петрология. 1999. Т. 7. № 6. С. 631–643.
6. Кузьмичев А. Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. М.: ПРОБЕЛ-2000, 2004. 192 с.
7. Петрова А. Ю. Rb-Sr изотопная система метаморфических и магматических пород Западного Сангилен (Юго-Восточная Тува): автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. геол.-мин. наук. Москва, 2001. 26 с.
8. Петрова А. Ю., Костицын Ю. А. Сравнение U-Pb и Rb-Sr возрастов гранитоидов Западного Сангилен (Ю-В Тува): полемический пересмотр опубликованных данных // Тезисы докл. I Рос. конф. по изотопной геохронологии. Москва, 2001. С. 261–263.
9. Численная модель магматического минглинга (на примере баянкольской габбро-гранитной серии, Сангилен, Тува) / О. П. Полянский [и др.] // Geodynamics & Tectonophysics. 2017. V. 8. I. 2. P. 385–403.
10. Эволюция базитового магматизма в ходе кембро-ордовикского коллизионного тектогенеза Центрально-Азиатского складчатого пояса (Западный Сангилен, Юго-Восточная Тува) / Р. А. Шелепаев [и др.] // Геология и геофизика. 2018, в печати.

**Кармышева Ирина Владимировна**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, старший преподаватель кафедры Геолого-Геофизического факультета НГУ, г. Новосибирск.