УДК 552.321

В.А. Яковлев, М.С. Здрокова, И.Ф. Чайка
Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск

МАГМАТИЧЕСКИЙ МИНГЛИНГ ЗАПАДНОГО САНГИЛЕНА (ЮВ ТУВА): ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ИЗОТОПНЫЙ ВОЗРАСТ

В данной работе приводятся результаты исследования пород магматического минглинга плутонического и жильного типов, широко распространенных на территории Западного Сангилена (ЮВ Тува). Акцент сделан на установление возраста и источников расплавов, участвующих в смешении и формировании композитных магм. По вещественному составу исследованные мафические породы магматического минглинга могут быть охарактеризованы как производные надсубдукционных магм. Салические породы относятся к гранитам S-типа. Полученные геохронологические данные показывают, что возраст контрастного магматизма отвечает позднеколлизионной стадии развала орогенных структур Западного Сангилена. Полученные данные позволяют выделить два самостоятельных этапа магматической активности на позднеколлизионной стадии: ~ 495 млн лет и ~ 485 млн лет.

Библ. 9.
Ключевые слова: магматизм, минглинг, Сангилен, Тува

Среди фундаментальных проблем магматической петрологии особое место занимают исследования смешения магм, контрастных по составу и не связанных генетически (магматический минглинг) (см. обзор в [6, 7]). Условия, обеспечивающие сосуществование магм, могут достигаться различным образом на различных уровнях земной коры, как в плутонических, так и в дайковых комплексах [9]. Характеристика механизмов смешения магм в плутонических и дайковых обстановках приведена в материалах настоящего сборника [10].

В данной работе приводятся результаты исследования пород магматического минглинга плутонического и жильного типов, широко распространенных на территории Западного Сангилена (Юго-Восточная Тува). Акцент сделан на установление возраста и источников расплавов, участвующих в смешении и формировании композитных магм.

Территория Западного Сангилена относится к краевым структурам Тувино-Монгольского микроконтинента (ТММ) Центрально-Азиатского складчатого пояса. Формирование геологических структур данной территории связывается с коллизионными событиями кембро-ордовикского возраста, протекавших при столкновении Таннуольской островной дуги и ТММ [1, 3].

В последовательности развития структур Западного Сангилена

© В.А. Яковлев, М.С. Здрокова, И.Ф. Чайка, 2020

выделяются три этапа коллизионных событий [1]: раннеколлизионный (570–535 млн лет), коллизионный (535–495 млн лет) и позднеколлизионный (495–430 млн лет).

Ключевое положение в тектонических структурах Западного Сангилена занимает Эрзинская тектоническая зона, в пределах которой широко распространены базитовые и гранитоидные интрузии, а также магматический минглинг плутонического и дайкового типов. В рамках данной работы изучены породы магматического минглинга плутонического и дайкового типов, приуроченного к Эрзинской зоне.

Рентгенофлуоресцентный анализ

Измерения содержания петрогенных оксидов в породах выполнялись на рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL-9900XP (Thermo Fisher Scientific Ltd) в Аналитическом Центре ИГМ СО РАН. Для построения градуировочных зависимостей и контроля правильности анализа использовались государственные стандартные образцы состава горных пород и искусственные смеси. Погрешность определения не превышает таковую для второй категории точности по ОСТ 41-08-205-99 [2].

Состав салической части пород магматического минглинга варьирует значительно. Содержание SiO_2 составляет 5776 мас.%, сумма щелочей 5.4-8.9 мас.%. Для гранитоидов характерна широкая вариативность содержания оксида калия (1.2-6.7 мас.%) и калиевая специализация щелочей. Среднее отношение K_2O/Na_2O составляет 1.1 (минимальное 0.5, максимальное – 1.4). Гранитоиды перглиноземистые, индекс насыщения глиноземом (A/CNK) составляет 0.8 – 1.2. Для пород характерна ярко выраженная вариативность индекса железистости (Fe#): диапазон значений составляет 0.6 – 0.94.

По химическому составу мафическая составляющая пород магматического минглинга – породы среднего и основного состава (45-58 мас.% SiO_2). Для них характерны умеренные содержания оксида титана (0.8-2.3 мас.% TiO_2, среднее значение 1.3 мас.%) и оксида фосфора (0.14-1 мас.% P_2O_5, среднее значение 0.43 мас.%), повышенные концентрации оксида калия (0.6-4 мас.% K_2O, среднее значение 1.8 мас.%). Содержания оксидов магния, кальция и железа варьируют незначительно, отношение K_2O/Na_2O варьирует в диапазоне 0.14-2.1. Содержание щелочей возрастает с увеличением содержания кремнезема в породах.

Определение редкоземельных и высокозарядных элементов производилось методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Измерения выполнены на ИСП масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT фирмы Finnigan Mat (Germany) в Аналитическом Центре ИГМ СО РАН.

Содержание и характер распределения REE в мафических породах

магматического минглинга различаются незначительно. Для них характерно умеренно высокое суммарное содержание лантаноидов ($\sum$ = 70 – 193 г/т), преобладание LREE над HREE ($(La/Yb)_n$ = 2.4-9.5), отсутствие европиевой аномалии ($(Eu/Eu^*)_n$ = 0.9-1). Индикаторные отношения $(Gd/Yb)_n$ и $(La/Sm)_n$ составляют 1.4-2.2 и 2-2.9 соответственно. Мультиэлементные диаграммы демонстрируют наиболее характерные геохимические особенности рассматриваемых пород. Они характеризуются наличием субдукционной компоненты: обогащением крупноионными литофильными элементами (Cs, Rb, U, Th, K) и стронцием, а также обеднением высокозарядными элементами (Ta, Nb, Zr, Hf). Высокие значения индикаторных отношений $(La/Nb)_{PM}$ = 1.4-4.2 и $(La/Yb)_n$ = 2.4-9.5 соотносятся с таковыми для известково-щелочных базальтов островных дуг и активных континентальных окраин [4].

Салическая часть даек различается достаточно контрастно: $\sum$ = 71-228 г/т; $(La/Yb)_n$ =1.9-15.5; $(Eu/Eu^*)_n$ = 0.2-1.9; $(Gd/Yb)_n$ = 0.7-1.9; $(La/Sm)_n$ = 2.3-9.5. На мультиэлементных спектрах салических пород комбинированных даек наблюдается обогащение Cs, Rb, U, Th, K и минимумы по Nb, Sr, Ti.

По вещественному составу исследованные мафические породы магматического минглинга могут быть охарактеризованы как производные надсубдукционных магм. Салические породы относятся к гранитам S-типа.

U-Pb изотопные исследования зерен циркона выполнены методом LA-ICP-MS в Аналитическом Центре ИГМ СО РАН. Анализ проводился на масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой Element XR (Thermo Finnigan), соединенном с системой лазерной абляции образца UP-213 (New Wave Research) на основе ультрафиолетового Nd:YAG лазера с длиной волны 213 нм. Параметры измерения масс-спектрометра оптимизировали для получения максимальной интенсивности сигнала ^{208}Pb при минимальном значении $^{248}ThO^+/^{232}Th^+$ (менее 2%), используя стандарт NIST SRM612. Все измерения выполняли по массам ^{202}Hg, $^{204}(Pb+Hg)$, ^{206}Pb, ^{207}Pb, ^{208}Pb, ^{232}Th, ^{235}U, ^{238}U. Съемка проводилась в режиме E-scan. Детектирование сигналов проводилось в режиме счета (counting) для всех изотопов, кроме ^{238}U (аналоговый режим). Диаметр лазерного луча составлял 25 мкм, частота повторения импульсов 6 Hz и плотность энергии лазерного излучения примерно 3.5 Дж/см^2.

Полученные геохронологические данные показывают, что возраст контрастного магматизма соответствует постколлизионной стадии развития структур Западного Сангилена. Также полученные данные позволяют выделить два самостоятельных этапа магматической активности на постколлизионной стадии: ~ 495 млн лет и ~ 485 млн лет.

Исследование выполнено по государственному заказу ИГМ СО РАН при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-35-00467, 18-05-00851).

Библиографический список
1. Владимиров В.Г., Владимиров А.Г., Гибшер А.С., Травин А.В., Руднев С.Н., Шемелина И.В., Барабаш Н.В., Савиных Я.В. Модель тектоно-метаморфической эволюции Сангилена (Юго-Восточная Тува, Центральная Азия) как отражение раннекаледонского аккреционно-коллизионного тектогенеза // Докл. РАН 2005. V. 405. Iss. 1. P. 82-88.
2. Карманова Н.Г., Карманов Н.С. Универсальная методика рентгенофлуоресцентного силикатного анализа горных пород на спектрометре ARL-9900XP // Всероссийская конференция по рентгеноспектральному анализу. Вып. 7. Новосибирск: Изд-во ИГМ СО РАН, 2011. С. 126.
3. Кузьмичев А.Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. Москва: ПРОБЕЛ, 2004. 192 с.
4. Condie K.C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos 2005. V. 79. P. 491–504.
5. Wiebe R. Mafic replenishments into floored silicic magma chambers // Am. Miner. 2016. V. 101. P. 297–310.
6. Wilcox R.E. The idea of magma mixing: history of a struggle for acceptance // J. Geol. 1999. V. 107. P. 421–432.
7. Vladimirov V.G., Karmysheva I.V., Yakovlev V.A., Travin A.V., Tsygankov A.A., Burmakina G.N. Thermochronology of mingling dykes in West Sangilen (South-East Tuva, Russia): evidence of the collapse of the collisional system in the north-western edge of the Tuva-Mongolia massif // Geodyn. & Tectonophys. 2017. V. 8. P. 283–310.
8. Vladimirov V.G., Yakovlev V.A., Karmysheva I.V. Mechanisms of magmatic mingling in composite dykes: models of dispersion and shear dilatation // Geodyn. & Tectonophys. 2019. V. 10. P. 325–345.
9. Yakovlev V.A., Chayka I.F., Zdrokova M.S. The structure and composition of transition zones of magmatic mingling: the results of EMPA analysis and 3D X-Ray Tomography // this issue.

MAGMATIC MINGLING OF WEST SANGILEN (SE TUVA): COMPOSITION AND ISOTOPIC AGE

V.A. Yakovlev, M.S. Zdrokova, I.F. Chayka
yakovlevva@igm.nsc.ru

This paper presents the results of the study of rocks of magmatic mingling of the plutonic and vein types, widespread in the territory of West Sangilen (SE Tuva). The emphasis is on establishing the age of contrast magmatism in the region and identifying sources of magmas involved in mixing. According to the material composition, the studied mafic rocks of magmatic mingling can be characterized as derivatives of suprasubduction magmas. Salic rocks can be characterized as S-type granite. The obtained geochronological data show that the age of contrast magmatism corresponds to the late-collisional stage of development of West Sangilen structures. Also, the data obtained make it possible to distinguish two independent stages of magmatic activity at the post-collisional stage: ~ 495 Ma and ~ 485 Ma.

Keywords: magmatism, mingling, Sangilen, Tuva