

# МАГМАТИЧЕСКИЕ И ТЕРРИГЕННЫЕ ПОРОДЫ ТЕКТУРМАССКОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА: ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ВОЗРАСТ И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ

А.В. Гурова<sup>1,2</sup>, А.А. Перфилова<sup>1,2</sup>, И.Ю. Сафонова<sup>1,2</sup>, И.А. Савинский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский национальный исследовательский  
государственный университет, г. Новосибирск;  
e-mail: sushka386@gmail.com

<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
г. Новосибирск

Тектурмасская зона включает в себя аккреционный комплекс (ТАК) и смежный с ним офиолитовый пояс и относится к западному сегменту Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП), образованного в ходе эволюции и закрытия Палеоазиатского океана. Она состоит из тектонических пластин, сложенных раннепалеозойскими магматическими и осадочными породами. В Тектурмасской зоне выделяются четыре структурно-формационные подзоны или сегмента — Тектурмасский, Базарбайский, Нуринский и Сарысуйский. Тектурмасский сегмент состоит из серпентинитового меланжа в основании и отложений карамурунской, тектурмасской и сарытаусской свит. *Карамурунская* свита ( $C_1-O_2kr$ ) представляет собой меланж, состоящий преимущественно из основных пород (пиллоу-лавы, лавобрекчии, олистолиты кремней и кремнистых сланцев). Нижне-среднеордовикский возраст определен по конодонтам из кремней олистолитов [3]. В состав *тектурмасской* свиты ( $O_{2-3}tk$ ) входят преимущественно ленточные кремни, кремнистые алевролиты и аргиллиты. Средне-позднеордовикский возраст определен по конодонтам из кремней [2]. Базарбайский сегмент расположен севернее Тектурмасского и включает породы офиолитовой ассоциации (серпентинитовый меланж, расслоенное габбро, комплекс параллельных даек, базальты и гранитоиды) и образования кузекской и базарбайской свит. U-Pb возраст плагиогранитов из серпентинитового меланжа составляет  $489 \pm 8$  млн лет [1]. *Кузекская* свита ( $O_2kz$ ) сложена пиллоу-базальтами, лавобрекчиями, туфами, кремнистыми алевролитами и аргиллитами. *Базарбайская* свита ( $O_{2-3}bz$ ) состоит из ленточных кремней, кремнистых аргиллитов, туфов основного-среднего составов, песчаников (граувакк). Среднеордовикский возраст определен по конодонтам из кремнистых алевролитов [1]. С севера и юга вышеописанные сегменты обрамляются Нуринским и Сарысуйским (Успенским) сегментами, в строении которых участвуют в основном силурийско-среднедевонские флишевые и грубообломочные толщи. В Нуринском сегменте силурийско-девонские терригенные толщи мощностью до 5 км перекрывают кремнисто-туфогенные породы, завершающие разрез офиолитов Тектурмасской зоны. В Сарысуйском

сегменте флишевые и олистостромовые толщи содержат олистолиты и глыбы кремней тектурмасской свиты. Нами были изучены магматические породы, относящиеся к карамурунской и кузекской свитам ТАК и силурийские терригенные породы (песчаники) Нуринаского и Успенского сегментов.

Магматические породы ТАК представлены преимущественно породами основного и среднего состава (базальты и андезибазальты). По классификации TAS образцы являются базальтами, трахибазальтами, базальтовыми трахиандезитами и андезибазальтами. Несколько образцов — андезиты, трахиандезиты и трахидациты. По соотношению  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$  породы соответствуют и толеитовой, и известково-щелочной сериям. По классификации  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{FeO}^* + \text{TiO}_2 - \text{MgO}$  большинство образцов являются высокожелезистыми толеитами, толеитовыми базальтами и толеитовыми андезитами, но часть составов соответствует известково-щелочным базальтам. Базальты и андезибазальты по содержаниям  $\text{TiO}_2$  можно разделить на три группы: высоко-Ti ( $\text{TiO}_2 > 2.2$  мас. %), средне-Ti ( $\text{TiO}_2 = 1.2 - 1.6$  мас. %) и низко-Ti ( $\text{TiO}_2 < 1.2$  мас. %). Отдельную группу составляют андезиты. По соотношению  $\text{SiO}_2 - \text{Nb/Y}$  образцы низко- и средне-Ti группы относятся к субщелочным базальтам и андезитам, высоко-Ti образцы — к субщелочным щелочным базальтам и базальтовым нефелинитам, а андезиты попадают в поле фонолитов.

На спектрах редкоземельных элементов (РЗЭ), нормированных на хондрит, образцы низко-Ti группы характеризуются от плоских спектров РЗЭ до обогащённых лёгкими РЗЭ ( $\text{La/Yb}_N = 0.6 - 3.3$ ), умеренной дифференциацией в области тяжёлых РЗЭ ( $\text{Gd/Yb}_N = 1.1 - 1.7$ ) и высокими отношениями  $\text{Zr/Nb}$  (20–58). На мультиэлементных диаграммах, нормированных по примитивной мантии, отмечается отрицательная аномалия по Nb ( $\text{Nb/Th}_N = 0.2 - 0.8$ ,  $\text{Nb/La}_N = 0.2 - 0.7$ ), что характерно для магматических пород надсубдукционного происхождения [4]. Для средне-Ti образцов характерны плоские спектры РЗЭ и умеренно дифференцированные тяжёлые РЗЭ ( $\text{La/Yb}_N = 0.7$ ,  $\text{Gd/Yb}_N = 1.1$ ), а отношения  $\text{Zr/Nb}$  заметно ниже (22), чем у низко-Ti образцов. На мультикомпонентных диаграммах для средне-Ti образцов фиксируются максимумы Nb по отношению к Th ( $\text{Nb/Th}_N = 2.1$ ), но не к La ( $\text{Nb/La}_N = 1.1$ ), что также характерно для базальтов океанических хребтов (N-MORB) [6]. Для высоко-Ti пород характерна более высокая концентрация редких элементов, чем для низко- и средне-Ti образцов. Их спектры РЗЭ обогащены в области лёгких компонентов и дифференцированы в области тяжёлых ( $\text{La/Yb}_N = 4.3 - 5.6$ ,  $\text{Gd/Yb}_N = 2.2 - 2.8$ ) при заметно более низких отношениях  $\text{Zr/Nb}$  (2.4–6.3). На мультикомпонентных спектрах для них фиксируется положительная аномалия по Nb ( $\text{Nb/Th}_N = 1.3 - 2.5$ ,  $\text{Nb/La}_N = 1.6 - 1.7$ ). Такие характеристики присущи внутриплитным океаническим базальтам (OIB) [6]. Последняя группа андезитов наиболее обогащена редкими элементами. Их редкоземельные спектры заметно обогащены в области лёгких компонентов и

дифференцированы в области тяжёлых ( $La/Yb_N = 6.8-12.5$ ,  $Gd/Yb_N = 1.6-2.5$ ) при низких отношениях  $Zr/Nb$  (3.3–6.0). На мультикомпонентных диаграммах для них, так же, как и для высоко-Ti образцов, отмечается положительная аномалия по Nb ( $Nb/Th_N = 1.3-1.8$ ,  $Nb/La_N = 1.4-2.2$ ), но в отличие от них для андезитов фиксируется ещё и отрицательная аномалия по титану ( $Ti/Ti^* = 0.15-0.64$ ). Эта особенность отмечается только для специфических андезитов, образующихся так же, как и OIB, во внутриплитных океанических обстановках, например, на островах Тристан-да-Кунья [6, 7].

Содержания породообразующих оксидов в песчаниках варьируют в широких пределах:  $SiO_2 = 50.1-69.1$ ,  $Fe_2O_3 = 5.2-11.6$ ,  $MgO = 2.2-6.5$ ,  $Al_2O_3 = 12.2-17.2$ ,  $Na_2O = 2.5-7.4$ ,  $K_2O = 0.2-2.9$  мас. %. При этом, в большинстве отмечаются значения  $MgO > 3$  мас. %. Относительно PAAS отмечаются пониженные содержания  $Al_2O_3$  и повышенные  $Fe_2O_3$  и  $MgO$ . Эти характеристики предполагают наличие магматических пород среднего и/или основного состава в области сноса [5]. По классификации  $Na_2O - K_2O$  и  $\log(SiO_2/Al_2O_3) - \log(Na_2O/K_2O)$  песчаники являются граувакками. Индексы химического выветривания ( $CIA = 41-56$  и) и зрелости осадков ( $ICV = 2.4-3.6$ ) показывают, что все песчаники образовались из незрелых слабыветрелых пород.

По соотношению  $SiO_2$  и породообразующих окислов в песчаниках отмечаются отрицательные тренды по  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$  и положение их близко к области низко-Ti вулканитов. Это предполагает их образование за счет разрушения надсубдукционных магматических серий. Для всех песчаников отмечаются схожие характеры распределения PЗЭ с группой низко-Ti пород, но более низкие концентрации относительно PAAS. Для изученных образцов фиксируется слабое обогащение лёгкими лантаноидами ( $La_N = 21-127$ ,  $La/Yb_N = 1.9-11.8$ ,  $La/Sm_N = 1.4-3.9$ ) и дифференциация в области тяжёлых ( $Gd/Yb_N = 1.1-2.4$ ). Также отмечается схожесть распределений мультиэлементного состава для изученных пород и PAAS, но концентрации для последнего выше. Спектры изученных песчаников отличаются от PAAS наличием минимума по Th (7–129) и максимумами по Sr (8–41). Для всех песчаников наблюдаются отрицательные аномалии по Nb ( $Nb/La_{pm} = 0.3-0.6$ ,  $Nb/Th_{pm} = 0.1-0.4$ ). По соотношению  $Zr/Sc - Th/Sc$ , отражающему состав пород питающей провинции, песчаники близки к базальтам и андезитам. По классификации  $Fe_2O_3 + MgO - Al_2O_3/SiO_2$  и La-Th-Sc исходные породы, из которых сформировались песчаники, образовались в обстановках внутритрокеанических и/или континентальных островных дуг.

Геологические данные и геохимические характеристики магматических пород Тектурмасского АК предполагают образование средне-Ti базальтов в обстановке срединно-океанического хребта, высоко-Ti базальтов и андезитов — в обстановке океанического острова/симаунта, а низко-Ti вулканитов — в надсубдукционной обстановке. Геохимические характеристики низко-Ti вулканитов и песчаников (состав породообразующих окислов, характер

распределения РЗЭ и мультикомпонентов, наличие минимума по Nb, характер питающей провинции песчаников) предполагают их генетическую связь.

*Работа выполнена в рамках проекта РФФ № 21-77-20022.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Дегтярев К.Е., Толмачёва Т.Ю., Третьяков А.А., Котов А.Б., Якубчук А.С., Сальникова Е.Б., Ван К.Л.** Полихронность формирования офиолитовой ассоциации Тектурмасской зоны Центрального Казахстана: результаты геохронологических и биостратиграфических исследований // Доклады Академии наук, 2017. Т. 472. № 3. С. 301–305.
2. **Курковская Л.А.** Комплекс конодонтов из кремнистых и вулканогенных отложений ордовика Центрального Казахстана. Геология раннегеосинклиналиных комплексов Центрального Казахстана. Москва: Изд-во МГУ, 1985. С. 164–177.
3. **Новикова М.З., Герасимова Н.А., Дубинина С.В.** Конодонты из вулканогенно-кремнистого комплекса Северного Прибалхашья // Доклады Академии наук СССР, 1983. Т. 271. С. 1449–1451.
4. **Safonova I., Kotlyarov A., Krivonogov S., Xiao W.** Intra-oceanic arcs of the Paleo-Asian Ocean // Gondwana Research, 2017. V. 50. P. 167–194.
5. **Taylor S.T., McLennan S.M.** The Continental Crust: Composition and Evolution. Blackwell. Oxford, 1985. 312 P.
6. **Sun S., McDonough W.F.** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society of London. Special Publications, 1989. V. 42. P. 313–345.
7. **Weit A., Trumbull R.B., Keiding J.K., Geissler W.H., Gibson S.A., Veksler I.V.** The magmatic system beneath the Tristan da Cunha Island: Insights from thermobarometry, melting models and geophysics // Tectonophysics, 2017. V. 716. P. 64–76.

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ Sm-Nd И Lu-Hf ИЗОТОПНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПОЛИМЕТАМОРФИЧЕСКИХ РАННЕДОКЕМБРИЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Ю.С. Егорова

*Институт геологии и геохронологии докембрия РАН,  
г. Санкт-Петербург, e-mail: axohux2014@gmail.com*

Проведен разбор основных геологических причин, приводящих к широким вариациям в изотопных Sm-Nd и Lu-Hf данных в пределах одной геологической структуры, на примере сумийских метавулканитов Карельской провинции Фенноскандинавского щита, эо- и палеоархейских гранулитов Днестровско-Бугской провинции Украинского щита.

Изотопные методы традиционно используются в петрологии как один