

МАГМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ИТМУРУНДИНСКОЙ И ТЕКТУРМАССКОЙ СКЛАДЧАТЫХ ЗОН ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА: ВОЗРАСТ, ПЕТРОГЕНЕЗИС И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ

**А.В. Гурова^{1,2}, И.Ю. Сафонова^{1,2,3}, А.А. Перфилова², П.Д. Котлер¹,
И.А. Савинский²**

¹*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск, e-mail: sushka386@gmail.com*

²*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск*

³*Юго-западный университет Цзяотун, Чэнду, Китай*

Аннотация. Итмурундинская (ИСЗ) и Тектурмасская (ТСЗ) складчатые зоны являются важными структурами Казахстанского ороклина в западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. Обе зоны включают аккретированные океанические магматические и осадочные комплексы с возрастом от позднего кембрия до раннего силура и надсубдукционные офиолиты. В работе представлены новые геохронологические и геохимические данные, а также первые изотопные данные по магматическим породам этих зон. Диорит из меланжа ИСЗ дал U-Pb возраст по циркону на уровне 502 млн лет, а гранит и риолит из ТСЗ – 459 и 452 млн лет соответственно. В обеих зонах выделены три основные группы магматических пород: (1) высокотитанистые, (2) среднетитанистые и (3) низкотитанистые. Высоко-Ti базальты обогащены высокочargedными элементами и ЛРЗЭ; они образовались при плавлении 2-4% обогащенного редкими элементами гранатового перидотита и излились в обстановке океанического острова/симаунта. Средне-Ti базальты и габбро близки к N-MORB типу и образовались из деплетированного шпинелевого лерцолита при степенях плавления до 10%. Низко-Ti группа пород обеднена высокочargedными элементами, а их образование связано с высокими степенями плавления (15-30%) умеренно деплетированного мантийного источника, что предполагает их формирование в обстановке внутриокеанической островной дуги. Магматические породы всех типов были тектонически совмещены в ИСЗ и ТСЗ в процессе процессов субдукции Палеоазиатского океана и его последующего закрытия.

MAGMATIC COMPLEXES OF THE ITMURUNDY AND TEKTURMAS FOLDED ZONES, CENTRAL KAZAKHSTAN: AGE, PETROGENESIS AND GEODYNAMIC SETTINGS

**A.V. Gurova¹, I.Yu. Safonova^{1,2}, A.A. Perfilova², P.D. Kotler¹,
I.A. Savinsky²**

¹*V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS,
Novosibirsk, e-mail: sushka386@gmail.com*

²*Novosibirsk State University, Novosibirsk*

³*Southwest Jiaotong University, Chengdu, China*

Abstract. The Itmurundy (IFZ) and Tekturmas (TFZ) folded zones are important structures of the Kazakhstan Orocline in the western Central Asian Orogenic Belt. Both zones include Cambrian to Silurian accreted oceanic magmatic and sedimentary rocks and supra-subduction ophiolites. We present new geological, geochronological and geochemical data, first isotope data from magmatic rocks. The diorite from IFZ mélangé yielded a U-Pb age of 502 Ma and granite and rhyolite from TFZ yielded 459 and 452 Ma, respectively. There are three main groups of magmatic rocks from both zones: (1) high-Ti, (2) mid-Ti, and (3) low-Ti. The high-Ti basalts are enriched in HFSE and LREE; they were derived at 2-4% melting of a rare elements enriched and isotopic depleted garnet-bearing peridotite and erupted on an oceanic island/seamount. The mid-Ti basalts and gabbro is N-MORB-type formed from a 10% melted depleted spinel lherzolite. The low-Ti group is depleted in HFSE, but not LREE, and formed at high degrees of melting (15-30%) of rare elements moderately depleted and isotopic ultra-depleted mantle sources suggesting their emplacement in an island arc setting. Magmatic rocks of all types were tectonically juxtaposed in the IFZ and TFZ during the early Paleozoic subduction of the Paleo-Asian Ocean and its subsequent closure.

Палеозойские складчатые пояса Центрального Казахстана, являющиеся частью Казахского ороклина, образовались на активных окраинах Палеоазиатского океана. Итмурундинская (ИСЗ) и Тектурмасская (ТСЗ) складчатые зоны относятся к Джунгаро-Балхашской складчатой области, а их структуры продолжаются на территорию СЗ Китая [6]. Обе зоны состоят из тектонических пластин, разделенных разломами и сложенных раннепалеозойскими офиолитами и фрагментами океанической коры и серпентинитового меланжа с блоками осадочных и магматических пород. В ИСЗ нами были изучены магматические породы из аккреционного комплекса и офиолитового массива Архарсу. Магматические породы аккреционного комплекса находятся в ассоциации с осадочными породами итмурундинской (O₂), казыкской (O₂₋₃), тюретайской (O₂₋₃) и обалинской (O₃) свит, возраст которых определен по микрофауне [1] и возрасту детритовых цирконов из песчаников [5]. В ТСЗ выделяются четыре структурно-формационные подзоны, разделенные разломами: центральные — Тектурмасская и Базарбайская, состоящие из серпентинитового меланжа и отложений свит аккреционного комплекса ордовикского возраста, и обрамляющие — Нуринская и Успенская,

сложенные силурийско-среднедевонскими флишевыми толщами. В ТСЗ были изучены магматические породы Тортаульских, Сарытаусских и Базарбайских офиолитов, а также в составе карамурунской (O_{1-2}) и кузекской свит (O_2) Тектурмасской и Базарбайской подзон. Возраст магматизма ИСЗ и ТСЗ оценивается по данным U-Pb датирования цирконов из пород серпентинитовых меланжей. U-Pb возрасты плагиогранитов ИСЗ составляют 530-498 [2], а роговообманкового диорита – 502 млн лет [5]. Для плагиогранитов ТСЗ возрасты плагиогранитов – 453-473 [2, 4], а риолита Базарбайской подзоны 452 млн лет [4].

Магматические породы ИСЗ и ТСЗ представлены в основном базальтами, андезибазальтами, долеритами и габбро и относятся преимущественно к толеитовой серии. По содержанию TiO_2 породы обеих зон разделены на три группы: высоко-Ti, средне-Ti и низко-Ti. Для высоко-Ti базальтов обеих зон отмечается обогащение в области легких редкоземельных элементов (ЛРЗЭ) и дифференциация в области тяжелых редкоземельных элементов (ТРЗЭ; $La/Yb_N=2.7-13.9$, $Gd/Yb_N=1.9-3.7$ для ИСЗ; $La/Yb_N=4.3-5.6$, $Gd/Yb_N=2.2-2.8$ для ТСЗ) при низких отношениях Zr/Nb (3.3-8.7 для ИСЗ, 2.4-6.3 для ТСЗ). На спайдер-диаграммах для них характерен максимум по Nb. Отдельная подгруппа щелочных андезитов по геохимическим характеристикам близка к высоко-Ti базальтам: обогащение ЛРЗЭ ($La/Yb_N=2.6-10.9$ для ИСЗ; $La/Yb_N=6.8-10.9$ для ТСЗ), дифференциация ТРЗЭ ($Gd/Yb_N=1.4-3.1$ для ИСЗ; $Gd/Yb_N=1.6-2.5$ для ТСЗ) низкие отношения Zr/Nb (5.7-12.2 для ИСЗ; 5.7-5.9 для ТСЗ), положительная аномалия по Nb, но отрицательная аномалия по Ti на спайдер-диаграммах. Средне-Ti базальты и габбро имеют от плоских до обедненных ЛРЗЭ спектры ($La/Yb_N=0.2-0.4$ для ИСЗ; $La/Yb_N=0.3-0.7$ для ТСЗ), средние отношения Zr/Nb (26 для ИСЗ; 10-22 для ТСЗ) и максимумы Nb по отношению к Th, но не к La. Образцы из низко-Ti группы ИСЗ показывают как обогащение, так и обеднение ЛРЗЭ, а породы этой же группы ТСЗ – слабое обогащение ЛРЗЭ ($La/Yb_N=0.3-9.6$ для ИСЗ; $La/Yb_N=1.7-2.2$ для ТСЗ). Для них характерно наличие на спайдер-диаграммах отрицательной аномалии по Nb при высоких отношениях Zr/Nb (11-40 для ИСЗ; 20-36 для ТСЗ).

Для высоко-Ti пород установлены средние до высоких положительные значения $\epsilon Nd(t)$ (+4.7 для ИСЗ; +3.5...+6.7 для ТСЗ) и повышенные отношения $^{206}Pb/^{204}Pb$ (19.0 для ИСЗ и 19.8 для ТСЗ), что указывает на компоненты DM и HIMU в исходных магмах. На диаграмме Пирса Nb/Yb – Th/Yb [3] точки составов высоко-Ti пород лежат на мантийном тренде вблизи точки OIB. Изотопные характеристики щелочных андезитов ($\epsilon Nd(t) = +6.2$ (ИСЗ); +2.0...+4.7 (ТСЗ), $^{206}Pb/^{204}Pb = 22.8$ (ТСЗ)) указывают на такой же смешанный источник, что и для OIB базальтов: на диаграмме Пирса они располагаются в пределах мантийного тренда близко к точке OIB. Средне-Ti базальты (ИСЗ) и габбро (ТСЗ) по составу близки к N-MORB. Для них характерны самые высокие значения $\epsilon Nd(t)$ (+4.6...+7.7 для ИСЗ и +8.1 для ТСЗ) и самые низкие $^{206}Pb/^{204}Pb$ (18.5

для ИСЗ и 18.9 для ТСЗ), что указывает на истощенный источник типа DM. На диаграмме Пирса они попадают в поле мантийного тренда возле точек N-MORB и PM. Значения $\epsilon\text{Nd}(t)$ низко-Ti группы положительные (+5.0...+7.1 для ИСЗ, +6.0...+10.8 для ТСЗ), а продатированный риолит ТСЗ дал и экстремально высокие положительные значения $\epsilon\text{Hf}(t)$ – +17.6...+19.3, что характерно для современных пород островодужной системы Идзу-Бонин. На диаграмме Пирса породы этой группы ложатся выше от линии мантийного тренда в область вулканической дуги.

Моделирование в системе Nb – Nb/Yb показало, что высоко-Ti базальты образовались при 2-4% плавлении гранатового перидотита. Средне-Ti базальты образовались из шпинелевого лерцолита при степенях плавления до 10%. Образование низко-Ti базальтов связано с высокими степенями плавления (15-30%) умеренно деплетированного мантийного источника.

Представленные данные по магматическим породам ИСЗ и ТСЗ предполагают их пространственное совмещение, близкий возраст, но образование в разных геодинамических обстановках. Высоко-Ti базальты и щелочные и субщелочные андезиты могли образоваться в обстановке океанического острова. Средне-Ti базальты образовались в обстановках срединно-океанического хребта. Низко-Ti базальты, андезиты, дациты и риолиты изливались в обстановке внутриокеанической островной дуги. Сходство характера ассоциаций магматических и осадочных пород, возрастных рубежей магматизма и изотопно-геохимических характеристик магматических пород ИСЗ и ТСЗ свидетельствуют об их формировании в результате эволюции единой раннепалеозойской конвергентной окраины тихоокеанского типа.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственные задания № 122041400044-2, FSUS-2025-0008).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Degtyarev K.E., Luchitskaya M.V., Tretyakov A.A., Pilitsyna A.V., Yakubchuk A.S.** Early Paleozoic suprasubduction complexes of the North Balkhash ophiolite zone (Central Kazakhstan): Geochronology, geochemistry and implications for tectonic evolution of the Junggar-Balkhash Ocean // *Lithos*. 2021. V. 380-381. P. 105818.
2. **Degtyarev K., Yakubchuk A. S., Luchitskaya M. V., Tolmachevaa T. Yu., Skoblenko (Pilitsyna) A. V., Tretyakov A. A.** Ordovician supra-subduction, oceanic and within-plate ocean island complexes in the Tekturmas ophiolite zone (Central Kazakhstan): age, geochemistry and tectonic implications // *International geology review*. 2021. V. 15. P. 2108–2150.
3. **Pearce J.A.** Geochemical fingerprinting of oceanic Basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust // *Lithos*. 2008. V. 100. P. 14-48.

4. **Safonova I., Gurova A., Perfilova A., Xiao W., Kotler P., Seltmann R., Soloshenko N., Dolgopolova A.** Magmatic complexes of the Tekturmas Fold-and-Thrust Belt, Central Kazakhstan: An overview and new implications for the early Paleozoic evolution of the Paleo-Asian Ocean // *Earth-Science Reviews*. 2025. V. 265. P. 105120.

5. **Safonova I., Savinskiy I., Perfilova A., Obut O., Gurova A., Krivonogov S.** A new tectonic model for the Itmurundy zone, Central Kazakhstan: linking ocean plate stratigraphy, timing of accretion and subduction polarity // *Geoscience Frontiers*. 2024. V. 15. P. 101814.

6. **Windley B.F., Alexeiev D., Xiao W., Kröner A., Badarch G.** Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt // *Journal of the Geological Society*. London. 2007. V. 164. P. 31–47.