

ЦИРКОНОМЕТРИЯ, ХИМИЧЕСКИЙ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПЕСЧАНИКОВ ЧАРСКОЙ И ЖАРМИНСКОЙ ЗОН ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА: КОРРЕЛЯЦИЯ, ИСТОЧНИКИ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ

Перфилова А.А.^{1,2}, Сафонова И.Ю.^{1,2,3}, Котлер П.Д.^{1,2}

¹ Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, alinalopolina@gmail.com

² Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск

³ Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург

Чарская и Жарминская зоны расположены в западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП), в месте взаимодействия активных окраин Казахстанского и Сибирского континентов (Buslov et al., 2001; Safonova et al., 2012, 2018; Хромых, 2020). Чарская зона ограничена двумя островодужными террейнами – Рудноалтайским на северо-востоке и Жарма-Саурским на юго-западе и включает в себя Чарский аккреционный комплекс и Чарский офиолитовый пояс (рис. 1). Она характеризуется сложной тектонической структурой, включающей террейны разнообразного геодинамического происхождения, среди которых широко распространены комплексы ультраосновных и основных пород офиолитов, тектонических и серпентинитовых меланжей, океанические и надсубдукционные вулканические породы и коллизионные и постколлизионные гранитоиды (Buslov et al., 2001; Добрецов, 2003).

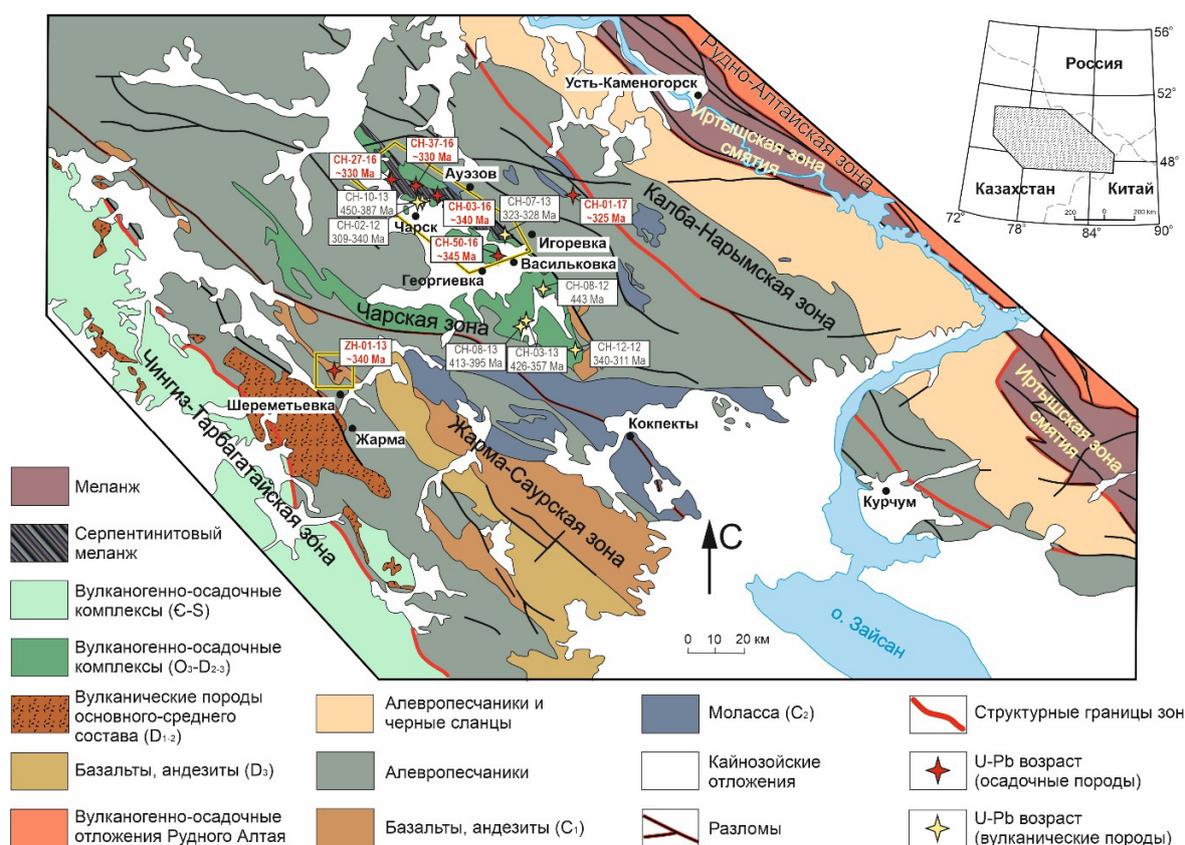


Рис. 1. Геологическая схема восточного Казахстана (по Хромых, 2021 с изменениями)

Жарминская зона представляет собой область сочленения Чингиз-Тарбагатайской и Зайсанской складчатых систем и является частью Жарма-Саурской зоны, продолжение которой прослеживается в юго-восточном направлении на территории Китая (рис. 1). В ее строении

принято выделять три основных этапа развития: D_{2-3} , C_{1-2} и C_3 . К раннему этапу относятся две главные формации – кремнисто-андезиобазальтовая океанического происхождения ($D_{2gv}-D_{3fr}$) и гравелито-песчано-сланцевая ($D_{2gv}-D_{3fr}$). К средней стадии относится кремнисто-андезитовая формация (C_{1t2-v1}). К завершающей стадии относятся дацит-молассовая (C_2), трахибазальт-трахиандезитовая (C_{2-3}) и дацит-риолитовая (C_3) формации (Хромых, 2020). Ранее в Чарской зоне были диагностированы океанические и надсубдукционные аллохтонные комплексы (Safonova et al., 2012, 2018). Надсубдукционные и обломочные формации Жарминской зоны в пределах Казахстана остаются мало изученными.

В работе обсуждаются первые данные по U-Pb датированию детритовых цирконов и составу граувакковых песчаников обеих зон (Safonova et al., 2021). U-Pb датирование детритовых цирконов было проведено для пяти образцов Чарской зоны (Ch-01-17, Ch-03-16, Ch-27-16, Ch-37-16, Ch-50-16) и одного образца Жарминской зоны (Zh1-13) (рис. 2). Зерна с осцилляторной зональностью размером от 40 до 200 мкм имеют округлую или идиоморфно-призматическую форму. Значения Th/U во всех зернах выше 0.04, но ниже 2.09, что свидетельствует об их магматическом происхождении. В пробе Ch-01-17 проанализировано 97 зерен, из которых 84 зерна конкордантны в пределах $\pm 5\%$. Распределение U-Pb возрастов цирконов – унимодальное с основным пиком 325 млн лет. Самый молодой возраст – 299 млн лет, самый древний – 449 млн лет. Семьдесят три зерна проанализированы в образцах Ch-27-16 и Ch-37-16, из которых 65 зерен конкордантны. Распределение U-Pb возрастов – унимодальное с основным пиком 330 млн лет. Самые молодые возраста 320 и 317 млн лет, самые древние – 450 и 464 млн лет соответственно. Наиболее древние пики зафиксированы в пробах Ch-03-16 и Ch-50-16. Из 119 зерен в этих образцах, 73 оказались конкордантны в пределах $\pm 5\%$. Главные пики попадают на отметки 340 и 345 млн лет. При этом самые молодые возраста – 320 и 332 млн лет, а самые древние 370 и 373 млн лет соответственно. В пробе песчаника Жарминской зоны Zh1-13 проанализировано 76 зерен, из которых 65 оказались конкордантны. Основная популяция цирконов находится в возрастном интервале от 301 до 445 млн лет. Унимодальное распределение U-Pb возрастов с основным пиком 340 млн лет, т. е. близкое к пробам Ch-03-16 и Ch-50-16.

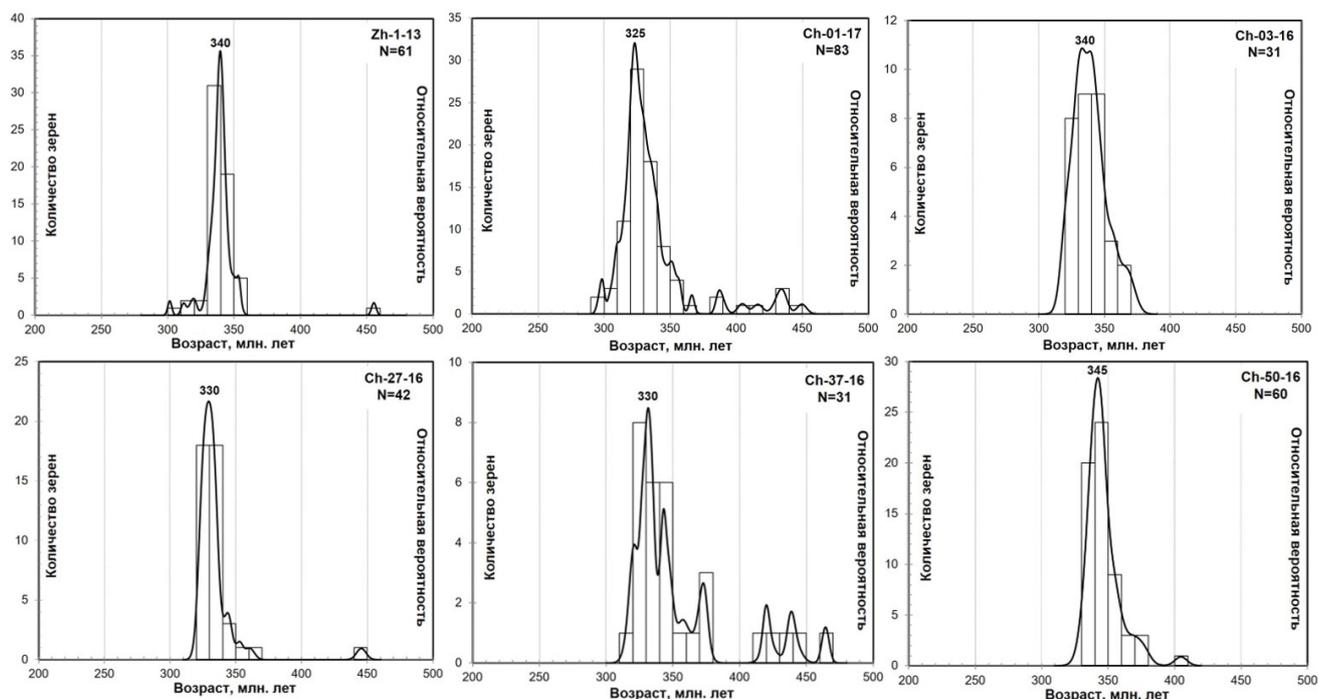


Рис. 2. Гистограммы U-Pb возрастов для детритовых цирконов из граувакковых песчаников Чарской и Жарминской зон

Песчаники представлены плохо сортированными мелко-среднезернистыми разностями, темно-серого и зеленовато-серого цвета. Их петрографическое описание показало, что обломочная часть состоит преимущественно из вулканических пород основного/среднего состава (20–50 %), полевого шпата (ПШ, 5–10 %), кварца (Кв, 15–30 %) и осадочных пород, представленных кремнями, кремнистыми алевролитами/аргиллитами (10–15 %), погруженных в тонкодисперсный алевритовый матрикс. Доля матрикса менее 10 %. В обломках вулканических пород преобладают лейсты плагиоклаза и темный мезостазис (вероятно, вулканическое стекло). Фрагменты и лейсты плагиоклаза часто сосюритизированы. Также присутствуют сопутствующие обломочные минералы, такие как циркон, биотит, магнетит и кальцит. Подсчет зерен в шлифах проводился для оценки их модельного петрографического состава и определения типа породы (Шутов, 1967; Dickinson et al., 1983). Согласно классификациям на основе петрографических компонентов Qt–Fs–Lt (Шутов, 1967; Pettijohn et al., 1972; Folk, 1980) песчаники Чарской и Жарминской зон соответствуют ПШ и Кв-ПШ грауваккам и литаренитам, образованным при разрушении островных дуг.

Составы породообразующих окислов в песчаниках Чарской и Жарминской зон в целом схожи между собой. Относительно PAAS имеют более низкое содержание $Al_2O_3 = 13.4–20.7$, $Fe_2O_3 = 3–7.2$, $TiO_2 = 0.6–9.7$, $K_2O = 0.6–2$, $MnO = 0.07–0.22$ мас. %, но более высокое $MgO = 1.1–5.2$, $CaO = 0.4–7.6$ и $Na_2O = 3.2–7.1$ мас. % (Taylor, McLennan, 1985), что подразумевает относительно мафический источник. На бинарных диаграммах SiO_2 – породообразующие окислы наблюдаются отрицательные тренды относительно TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и MgO . На диаграмме редкоземельных элементов (РЗЭ), нормированной на хондрит, все спектры обогащены в области легких РЗЭ ($La_N/Yb_N = 4.3–7.2$), с небольшими минимумами по Eu и дифференцированы в области тяжелых РЗЭ ($Gd_N/Yb_N = 1.4–1.6$). На мультикомпонентной диаграмме, нормированной на примитивную мантию, наблюдаются минимумы по Ta и Nb относительно La ($Nb/La_{pm} = 0.29–0.4$, $Ta/La_{pm} = 0.27–0.46$) и Th ($Nb/Th_{pm} = 0.16–0.24$, $Ta/Th_{pm} = 0.17–0.28$). На классификационной диаграмме Петиджона (Pettijohn et al., 1983) точки составов образцов попадают в поле граувакковых песчаников. Основные химические индексы зрелости (CIA) и интенсивности (ICV) выветривания пород (Nesbitt, Young, 1982; Cox et al., 1995) для изученных образцов имеют широкий разброс значений CIA (67.5–72.7) и ICV (0.9–1.8). На диаграмме CIA–ICV точки составов попадают преимущественно в область незрелых слабовыветрелых пород. Часть образцов Жарминской зоны расположена в поле зрелых осадков, находясь при этом гораздо ближе к точке состава PAAS.

Изотопный состав Nd получен для трех образцов Чарской зоны (Ch-03-16, Ch-37-16, Ch-50-16) и одного образца Жарминской зоны (Zh-1-13). Они характеризуются отношениями $^{147}Sm/^{144}Nd = 0.1314, 0.1119, 0.1327, 0.1421$ и $^{143}Nd/^{144}Nd = 0.512824, 0.512810, 0.512797, 0.512763$ соответственно. Все образцы имеют положительные значения $\epsilon Nd(t) = +6.5, +7.6, +5.9, +4.8$ с модельным возрастом $T_{DM2} = 575, 522, 624, 709$ млн лет. Изотопный состав Lu–Hf в цирконах был получен для 45 точек в трех образцах Чарской зоны и 9 точек образца Жарминской зоны. В образце Ch-01-17 с пиком на 325 млн лет положительные значения $\epsilon Hf(t)$ варьируют в широком интервале от +0 до +13.8 с модельным возрастом T_{DMC} от 1350 до 457 млн лет. Тринадцать точек в образце Ch-37-16 с главным пиком на 330 млн лет также дают положительные значения $\epsilon Hf(t)$ от +5.5 до +13.5 с модельным возрастом T_{DM2} от 1020 до 488 млн лет. В образце Ch-03-16 зафиксированы самые высокие значения $\epsilon Hf(t)$ от +8 до +14 с модельным возрастом T_{DM2} от 653 до 413 млн лет. В образце Жарминской зоны (Zh-1-13) также получены положительные значения $\epsilon Hf(t)$ от +7.2 до +13.5 с модельным возрастом T_{DM2} от 896 до 371 млн лет.

В пределах Чарской и Жарминской зон восточного Казахстана наряду с надсубдукционными комплексами распространены толщи терригенных пород, сформированных в условиях преддугового бассейна или глубоководного желоба. По петрографическим и геохимическим классификациям исследуемые породы отвечают грауваккам и литаренитам. Содержание породообразующих окислов и редких элементов близко по составу к магматическим породам

надсубдукционного генезиса. Униmodalный характер распределения U-Pb возрастов цирконов и положительные изотопные значения $\epsilon\text{Nd}(t)$ и $\epsilon\text{Hf}(t)$ свидетельствуют об образовании песчаников в результате разрушения одной или двух внутриокеанических дуг ранне- и позднекарбонического возраста, сложенных магматическими породами с ювенильными изотопными характеристиками. Из полученных данных следует, что граувакковые песчаники Чарской и Жарминской зон восточного Казахстана были образованы на конвергентной окраине тихоокеанского типа в результате эрозии одной или нескольких внутриокеанических дуг.

Работы выполнены при поддержке Российского научного фонда (проекты № 20-77-10051 и № 21-77-20022), Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-35-90091) и госзадания МОН РФ № АААА-А19-119072990020-6.

Список литературы

Хромых С.В. Позднепалеозойский базитовый магматизм Алтайской аккреционно-коллизонной системы (восточный Казахстан). Диссертация на соискание ученой степени доктора геол.-мин. наук. Новосибирск, 2021. 439 с.

Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 5. С. 86–102.

Buslov M.M., Safonova I.Yu., Watanabe T., Obut O., Fujiwara Y., Iwata K., Semakov N.N., Sugai Y., Smirnova L.V., Kazansky A.Yu. Evolution of the Paleo-Asian Ocean (Altai-Sayan region, Central Asia) and collision of possible Gondwana-derived terranes with the southern marginal part of the Siberian continent // Geosciences Journal. 2001. V. 5. P. 203–224.

Cox R., Lowe D.R., Cullers R. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1995. V. 59. P. 2919–2940.

Dickinson W.R., Berad L.S., Brakenridge G.R., Erjavec J.L., Ferguson R.C., Inman K.F., Knepp R.A., Lindberg F.A., Ryberg P.T. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation-to-tectonic-setting // GSA Bulletin. 1983. V. 94. № 2. P. 222–235.

Folk R.L. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill. Austin, Texas. 1980. 182 p.

Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature 299, 715–717.

Pettijohn F.J. Sedimentary Rocks. Third Edition: New York, Harper and Row. 1983. 628 p.

Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. Sand and sandstone. Springer-Verlag. New-York. 1972. 618 p.

Safonova I.Y., Simonov V.A., Kurganskaya E.V., Obut O.T., Romer R.L., Seltmann R. Late Paleozoic oceanic basalts hosted by the Char suture-shear zone, East Kazakhstan: Geological position, geochemistry, petrogenesis and tectonic setting Original Research Article // Journal of Asian Earth Sciences. 2012. V. 49. P. 20–39.

Safonova I., Komiya T., Romer R., Simonov V., Seltmann R., Rudnev S., Yamamoto Sh., Sun M. Supra-subduction igneous formations of the Char ophiolite belt, East Kazakhstan // Gondwana Research. 2018. V. 59. P. 159–179.

Safonova I., Perfilova A., Obut O., Kotler P., Aoki S., Komiya T., Wang B., Sun M. Traces of intra-oceanic arcs recorded in sandstones of eastern Kazakhstan: implications from U-Pb detrital zircon ages, geochemistry, and Nd-Hf isotopes // International Journal of Earth Sciences. 2021.

Taylor S.T., McLennan S.M. The continental crust: composition and evolution. Blackwell, Oxford. 1985. 312 p.