

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЕКТОНИКИ И ГЕОДИНАМИКИ
ПРИ ОНЗ РАН
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН РАН)
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ И МАНТИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ-2023

Материалы LIV Тектонического совещания

Том 2

Москва
ГЕОС
2023

УДК 549.903.55 (1)

ББК 26.323

Т 63

Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2023. Материалы LIV Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2023. 328 с.

ISBN 978-5-89118-862-4

Ответственный редактор

К.Е. Дегтярев

На 1-ой стр. обложки: Складка с северо-западной vergentностью в породах нижнего ордовика в зоне Пясино-Фаддеевская надвига Восточный Таймыр, р. Клюевка. Фото А.Б. Кузьмичева

© ГИН РАН, 2023

© Издательство ГЕОС, 2023

**Реконструкция возраста и состава магматических дуг
по данным изучения граувакковых песчаников
из аккреционных комплексов
Центрального и Восточного Казахстана**

В пределах Казахстана принято выделять структуры палеозоид, представленных вулcano-плутоническими поясами, включающими островодужные и окраинно-континентальные комплексы, офиолиты и террейны иного генезиса [1, 2]. Главные тектонические единицы палеозоид Казахстана были сформированы в позднем палеозое в процессе закрытия Палеоазиатского океана (ПАО) в результате взаимодействия Восточно-Европейского и Сибирского кратонов и молодого Казахстанского континента [3–5]. Джунгаро-Балхашская складчатая система (ДБСС), в состав которой входят структуры Центрального Казахстана, была образована в ходе эволюции Джунгарской ветви ПАО и включает в себя Тектурмасскую и Итмурундинскую зоны [2]. В Восточном Казахстане находится герцинская Иртыш-Зайсанская складчатая система (ИЗСС), образованная в ходе эволюции Обь-Зайсанской ветви ПАО и включающая аккреционные и надсубдукционные комплексы Жарминской и Чарской зон [6].

Нами были изучены терригенные породы, отобранные из ордовик-раннесилурийских свит и толщ Итмурундинской и Тектурмасской зон Центрального Казахстана и девон-карбоновых стратиграфических подразделений Жарминской и Чарской зон Восточного Казахстана (рисунок).

Эти породы представляют собой плохо сортированные, мелко-среднезернистые, серые и зеленовато-серые песчаники, находящиеся в ассоциации с кремнями, кремнистыми аргиллитами и алевролитами, реже с вулканическими породами. Песчаники состоят преимущественно из обломков вулканических и осадочных пород (25–50%) и полевых шпатов (20–40%), соответствуя грауваккам, полевошпат-кварцевым и кварц-полевошпатовым грауваккам по классификации [7].

По результатам U-Pb датирования более 750 зерен детритовых цирконов с конкордантностью в пределах $\pm 10\%$ для всех четырех регионов

¹ Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

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

Рис. 1. Тектоническая схема расположения структур Центрального и Восточного Казахстана по [2, 8] с изменениями.

Цифры в кружках: 1 – Тектурмасская зона, 2 – Нуринская зона, 3 – Успенская зона, 4 – Жаман-Сарысуйский синклиорий, 5 – Агадырская зона, 6 – Балхашская зона, 7 – Итмурундинская зона, 8 – Чингизская палеостроводужная система, 9 – Бошекульская палеостроводужная система

исследования были определены основные периоды магматизма и нижние границы осадконакопления. Унимодальный характер распределения U-Pb возрастов цирконов получен для песчаников Итмурундинской зоны с главными пиками на 467 и 456 млн лет (средний–поздний ордовик), Тектурмасской зоны – 450 и 510 млн лет (средний кембрий и средний ордовик), Жарминской зоны – 340 и 327 млн лет (карбон), Чарской зоны – 340 и 345 млн лет (карбон). Полимодальное распределение U-Pb возрастов получено для части образцов Итмурундинской зоны с главными пиками на 461 и 462 млн лет и более древними возрастными пиками в интервале от кембрия до архея. Нижние границы осадконакопления определены на уровне 427 ± 4 , 433 ± 6 , 439 ± 6 и 459 ± 2 млн лет для Итмурундинской зоны, что соответствует раннему и позднему силуру, а также позднему ордовику. Для Тектурмасской зоны нижние границы соответствуют 437 ± 3 и 440 ± 3 млн лет (ранний силур), для Жарминской зоны – 312 ± 3 и 319 ± 3 млн лет (поздний карбон), для Чарской зоны – 310 ± 1 , 321 ± 5 , 322 ± 2 и 333 ± 5 млн лет (карбон).

Граувакковые песчаники из всех четырех регионов исследования имеют схожие геохимические характеристики. Содержание породообразующих оксидов варьирует в широких диапазонах: $\text{SiO}_2 = 50.1\text{--}69.8$, $\text{TiO}_2 = 0.5\text{--}1.3$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 8.8\text{--}20.7$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3.0\text{--}13.4$, $\text{MgO} = 1.0\text{--}6.5$, $\text{Na}_2\text{O} = 2.5\text{--}7.5$, $\text{K}_2\text{O} = 0.1\text{--}3.9$ мас.%. На классификационной диаграмме [9] точки составов исследуемых пород расположены в поле граувакк. Индекс CIA находится в интервале от 41 до 58, что предполагает низкую степень выветривания пород в источнике сноса. Индекс ICV варьирует от 1.9 до 3.1 и указывает на незрелый характер осадков. Для песчаников наблюдаются отрицательные тренды на бинарных диаграммах по TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 относительно SiO_2 , что характерно для надсубдукционных магматических пород. Повышенные содержания некоторых петрохимических модулей, а именно железистого (ЖМ) = $0.58\text{--}1.62$, титанового (ТМ) = $0.03\text{--}0.09$, фемического (ФМ) = $0.11\text{--}1.87$, предполагают наличие в области сноса вулканических пород основного–среднего состава. Песчаники характеризуются обогащением легкими лантаноидами ($\text{La}/\text{Yb}_N = 2.4\text{--}11.8$) и фракционированным распределением тяжелых РЗЭ ($\text{Gd}/\text{Yb}_N = 1.1\text{--}2.1$). Распределение редких элементов фиксирует минимумы по Ta и Nb ($\text{Nb}/\text{La}_{pm} = 0.22\text{--}0.56$, $\text{Nb}/\text{Th}_{pm} = 0.12\text{--}0.28$). Все изученные песча-

ники отличаются более низкими содержаниями редких элементов относительно PAAS, но характеризуются схожим характером их распределения.

Исходные изотопные отношения были рассчитаны для средне-ордовикского и карбонового возраста на основе биостратиграфических данных по микрофауне и U-Pb возрастов. Для изученных песчаников характерны преимущественно положительные значения $\epsilon\text{Nd}(t)$ в интервале от +0.4 до +6.9 с модельными возрастами T_{DM2} от 1135 до 527 млн лет. Для ряда образцов Итмурундинской и Тектурмасской зоны получены отрицательные значения $\epsilon\text{Nd}(t)$ от -7.5 до -2.2 с модельными возрастами T_{DM2} от 1835 до 1388 млн лет. Изотопный анализ Lu-Hf в цирконах Итмурундинской зоны имеет широкий разброс значений $\epsilon\text{Hf}(t)$ от -24.5 до +17.5 с модельными возрастами T_{HfDM}^c от 3055 до 511 млн лет. Для образцов Жарминской и Чарской зон получены исключительно положительные величины $\epsilon\text{Hf}(t)$ в интервале от +0.2 до +18.5 с модельными возрастами T_{HfDM}^c от 1350 до 457 млн лет.

На дискриминантной диаграмме Zr/Sc–Th/Sc [10], отражающей состав пород в питающей провинции, точки составов песчаников всех рассматриваемых зон расположены преимущественно в поле базальтов и андезитов, с небольшим трендом в сторону более кислых разностей. На треугольной диаграмме La–Th–Sc [10] большинство точек составов песчаников попадают в область внутриокеанической островной дуги. Часть точек относится к континентальной дуге.

Изученные песчаники Итмурундинской, Тектурмасской, Жарминской и Чарской зон по петрографическому и геохимическому составу относятся к грауваккам. Концентрации породообразующих оксидов и редких элементов указывают на присутствие в области сноса магматических пород надсубдукционного происхождения основного–среднего состава. Уни-модальный характер распределения U-Pb возрастов детритовых предполагает образование песчаников за счет разрушения внутриокеанических островных дуг.

Песчаники Итмурундинской и Тектурмасской зон образовались в результате разрушения магматических дуг кембро-ордовикского возраста, а их накопление происходило не ранее, чем в позднем ордовике и раннем силуре. Песчаники Жарминской и Чарской зон образованы при эрозии магматических дуг девон-карбонового возраста, при этом их осадконакопление началось не раньше, чем в раннем и позднем карбоне соответственно. Накопление песчаников происходило в обстановках преддугового бассейна и/или глубоководного желоба и, в меньшей степени, в условиях задугового бассейна.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-77-20022).

Литература

1. Якубчук А.С. Тектоническая позиция и строение офиолитов Центрального Казахстана на примере Тектурмасской и юго-западной части Майкаин-Кызылгасской зоны. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1991. 16 с.
2. Дегтярев К.Е. Тектоническая эволюция раннепалеозойской активной окраины в Казахстане. М.: Наука, 1999. 123 с.
3. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит СССР. Т. I. М.: Недра, 1990. 328 с.
4. Моссаковский А.А., Руженцев С.В., Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н. Центрально-Азиатский складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования // Геотектоника. 1993. № 6. С. 3–33.
5. Берзин Н.А., Колман Р.Г., Добрецов Н.Л. и др. Геодинамическая карта западной части Палеоазиатского океана // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 7–8. С. 8–28.
6. Buslov M.M., Safonova I.Yu., Watanabe T., Obut O.T., Fujiwara Y., Iwata K., Semakov N.N., Sugai Y., Smirnova L.V., Kazansky A.Yu., Itaya T. 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 // Geoscience J. 2001. № 5. P. 203–224.
7. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 5. С. 86–103.
81. Хромых С.В., Семенова Д.В., Котлер П.Д., Гурова А.В., Михеев Е.В., Перфилова А.А. Орогенный вулканизм Восточного Казахстана: состав пород, возраст и геодинамическая эволюция региона // Геотектоника. 2020. № 4. С. 63–83.
9. Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. Sand and sandstone. Springer-Verlag, Berlin, 1972. 628 p.
10. McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.N. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics / Johnsson M.J., Basu A. (eds.). Processes controlling the composition of clastic sediments // Geol. Soc. Am. Spec. 1993. P. 21–40.