

ВЗАИМОСВЯЗИ ФОРМИРОВАНИЯ ОРОГЕНОВ И ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ АЗИИ В МЕЗОЗОЕ-КАЙНОЗОЕ

Михаил Михайлович Буслов

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, д.г.-м.н., главный научный сотрудник, e-mail: buslov@igm.nsc.ru; Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Россия, Казань, ул. Крёмлевская, 18

Анна Викторовна Куликова

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, к.г.-м.н., научный сотрудник, e-mail: ak_cool@mail.ru; Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Россия, Казань, ул. Кремлёвская, 18

Выделены этапы и приведена аналогия формирования горных систем (орогенов) и осадочных бассейнов Азии. Этапы проявлены в юре, мелу и кайнозое в результате коллизий на южную активную окраину Азиатского континента, соответственно, Квингтангского, Северо-Китайского и Индийского континентальных блоков, приведших к образованию крупных внутриконтинентальных орогенных поясов, являющихся источником сноса осадочных бассейнов.

Ключевые слова: ороген, осадочный бассейн, палеогеография, геодинамика, геотектоника, U-Pb датирование детритовых цирконов, трековое датирование апатита

RELATIONSHIP OF THE FORMATION OF OROGENS AND SEDIMENTARY BASINS OF ASIA IN THE MESOZOIC-CENOZOIC

Mikhail M. Buslov

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptuyuga Ave., Chief Scientist, e-mail: buslov@igm.nsc.ru; Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Kazan, 18, Kremlin st.

Anna V. Kulikova

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptuyuga Ave., PhD, Researcher, e-mail: ak_cool@mail.ru; Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Kazan, 18, Kremlin st.

The stages of the formation of mountain systems (orogens) and sedimentary basins of Asia are highlighted and an analogy is given. The stages are manifested in the Jurassic, Cretaceous, and Cenozoic as a result of collisions to the southern active margin of the Asian continent, respectively, of the Quingtang, North China, and Indian continental blocks, which led to the formation of large intracontinental orogenic belts that are the source of sedimentary basin demolition.

Keywords: orogeny, sedimentary basin, paleogeography, geodynamics, geotectonic, U-Pb dating of detrital zircons, track dating of apatite

Для решения проблем палеогеографической и геодинамической эволюции бассейнов [1,2] используются возрастные спектры детритовых цирконов из

аллювиальных, дельтовых и шельфовых отложений. Путем корреляции геохронологических и стратиграфических данных по осадочным бассейнам с данными трекового датирования пород их горного обрамления и удаленных питающих провинций можно уверенно выявлять пути рассеивания осадочного материала, определять области их сноса и объемы осадочного материала (коллекторов), поступающего в бассейн седиментации в различные промежутки времени. Полученные распределения возрастов детритовых цирконов сравниваются с возрастными породами горных обрамлений и предполагаемых питающих провинций. Корреляция данных трекового датирования горообразования с данными сравнительного анализа геохронологии цирконов осадочных бассейнов и их горного обрамления позволяет построить качественные геодинамические и палеогеографические реконструкции, оценить объемы коллекторов и площади их локализации.

Метод трекового анализа позволяет выявлять этапы пенеппенизации и тектонической активности, а по термальной истории апатита определять скорость и объемы денудации пород горных систем. Он применяется для реконструкции термальной истории пород верхних 3-5 км континентальной коры за временные интервалы от миллионов до нескольких сотен миллионов лет. Термальная история пород просчитывается компьютерной программой [3] с построением графиков, отображающих тренд изменения температурного режима породы во времени (t - T). Принимая за основу градиент изменения температур с глубиной (25 - $30^\circ/\text{км}$), по полученному t - T -тренду можно подсчитать за какое время и какой мощности слой пород был денудирован. Пологое поведение линии t - T -тренда интерпретируется как период тектонической стабилизации в регионе с формированием пенеппена. Значения наклона линии указывают на скорость и интенсивность денудации, что может рассматриваться как степень тектонической активизации в регионе, выраженной в росте горных систем и поднятий. Любая интерпретация результатов трекового датирования обязательно коррелируется с геологическими и геоморфологическими данными.

Метод трекового датирования апатита в последние десятилетия активно использовался в исследовании мезозойско-кайнозойской тектоники и геодинамики Центральной Азии [4-14]. Получены многочисленные данные о том, что на Тянь-Шане горообразование проявилось в периоды ~ 200 – 130 млн. лет (киммерийская орогения) и в последние 17 млн. лет (гималайская), в Казахстане, Алтае-Саянской области и Байкальском регионе в периоды ~ 150 – 80 млн. лет (монголо-охотская орогения) и в последние 6 млн. лет (гималайская орогения). Субвертикальные мезозойские t , T -тренды охлаждения (150°C - 70°C) пород свидетельствуют, что около 2 - 3 км земной коры было подвержено денудации на территории Центральной Азии в юре (Тянь-Шань) и мелу (Алтае-Саянский регион, Тува, Забайкалье). Почти горизонтальные t , T - тренды для мела – раннего миоцена (130 - 20 млн. лет) на Тянь-Шане и позднего мела – миоцена (60 - 6 млн. лет) в Алтае-Саянской области и Байкальском регионе отражают периоды продолжительной стабилизации. В это время территория большей части Центральной Азии находилась в тектоническом покое, и сформировался обширный пенеппен. Пенеппен сильно деформирован в результате кайнозойской тектонической активизации,

связанной с Индо-Евразийской коллизией. Коллизия вызвала эффект дальнего воздействия с латеральным перемещением блоков земной коры по сдвигам к северу–северо-востоку от гималайской коллизионной зоны на многие тысячи км и росту горных систем и поднятий в южной Сибири. Начало возраста реактивации территорий омолаживается по направлению на север: ~ 11-7 млн. лет на Тянь-Шане и ~ 6 млн. лет на Алтае и ~ 3 млн. лет в районе Байкала. Данные трекового датирования подтверждают гипотезу о том, что продолжающаяся до сих пор конвергенция Индийского и Евразийского континентов реализована в распространении стресса на северо-восток по принципу “домино” через жесткие структуры крупных докембрийских блоков по унаследованной структурной сети позднепалеозойских и мезозойских разломов [15,16].

В результате сжатия на месте “мягких” складчатых зон были сформированы горные системы, а “жесткие” микроконтиненты послужили фундаментом для формирования кайнозойских бассейнов (Таримского, Таджикского, Иссык-Кульского, Джунгарского и др.). Огромная по размерам (более 6 тыс кв. км) активно растущая Центрально-Азиатская горная область за кайнозойский период заполнила огромной массой обломочного материала нефтегазоносные шельфовые области трех окружающих Азию океанов. Согласно исследованиям [17 и др.], отображенных на карте общей мощности осадков в океанах и окраинных морях [<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/sedthick9.jpg>], мощность осадков в центральных частях Индийского океана (абиссальные котловины) не превышает первых сотен метров (100-200 м), на океанических поднятиях и хребтах может увеличиваться до 500-600 м, тогда как на северо-западных окраинах Индостанского полуострова в Аравийском море мощность осадков в среднем около 4 км, а в аккреционной призме Макран (дельта Инда) увеличивается до 7 км [18]. На северо-восточных окраинах Индостанского полуострова и в тех частях Бенгальского залива, которые являются подводным продолжением дельтовых систем Ганга и Брахмапутры, мощности осадков не менее 10 км и местами достигают 20 км.

В среднем триасе океан Палео-Тетис начал закрываться, что привело к присоединению нескольких киммерийских тектонических блоков к Евразии [19]. Считается, что столкновение Квингтанг (Qiangtang) континентального блока с Евразией вызвало реактивацию разломов и экзгумацию фундамента в Центральной Азии. Это особенно характерно для Тянь-Шаня, расположенного вблизи зоны столкновения [4, 6, 8, 11].

По мнению [20, и многие другие] в мезозое Евразийский континент претерпел интенсивную тектоническую реактивацию (начавшуюся около 150 млн. лет назад), связанную с закрытием Монголо-Охотского палеоокеана и последующей коллизией Сибири с Амурским микроконтинентом и Северо-Китайским континентом. В результате был сформирован мезозойский монголо-охотский пояс, который протягивается на расстояние свыше 3000 км в виде непрерывной полосы мозаичных структур от Центральной Монголии через Забайкалье, Восточную Монголию и Приамурье до Охотского моря.

Особенности его формирования, размеры, влияние на окружающую среду, в том числе на осадконакопление до конца не выявлены. Исходя из модели Индо-Евразийской коллизии, следует предполагать, что мезозойская коллизия Северо-Китайского континента, имеющего соизмеримые размеры с Индийским континентом, могла привести к формированию горной области и осадочных бассейнов, сопоставимых по размерам с кайнозойской географической системой Азии. Имеющиеся на сегодняшний день многочисленные данные трекового датирования, позволяющего фиксировать периоды и скорости горообразования по Тянь-Шаню, центральному и восточному Казахстану, Северо-Западному Китаю, Монголии, южной Сибири свидетельствуют о крупных мезозойских орогенических событиях на этой огромной территории (рис.1). В результате аккреции и последующей коллизии Северо-Китайского континента с Евразией был сформирован обширный Монголо-Охотский ороген, соизмеримый по размерам с кайнозойской Центрально-Азиатской горной областью.

Денудация мезозойского орогена привела к образованию обломочного материала, который речными системами [21,22] выносился через транзитные зоны (современные Кузнецкий, Канско-Ачинский, Иркутский и Тувинский прогибы), в шельфовую область в том числе крупнейшего в мире Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. U-Pb датирование детритовых цирконов указанных бассейнов хорошо коррелируется с возрастными магматическими породами, слагающими огромные по размерам гранитоидные массивы Забайкалья и Монголии (Байкало-Витимский, Хангайский и Хэнтэйский), суммарной площадью выходов свыше 300 000 км².

Обсуждаемые связи между формированием орогенов и осадочных бассейнов Азии в мезозое в настоящее время основаны на хорошо обоснованной модели кайнозойской Индо-Евразийской коллизии, а также геологических данных и данных трекового датирования о мезозойской реактивации Центральной Азии. Учитывая нынешнее существование значительных пробелов в термохронологических исследованиях по Центральной Азии, этот подход необходимо продолжить. Полученные первые данные по корреляции возрастных популяций детритовых цирконов осадочных бассейнов с возрастными гранитоидными массивами складчатых регионов является существенным дополнительным фактором в решение рассматриваемой проблемы. Таким образом, ориентация на будущие термохронологические и геохронологические исследования является основной целью дальнейшего изучения связей между экзумацией Центральной Азии, бассейнового осадконакопления и тектонической историей евразийской активной окраины в мезозое, а по возможности, и более ранние коллизионные эпохи.

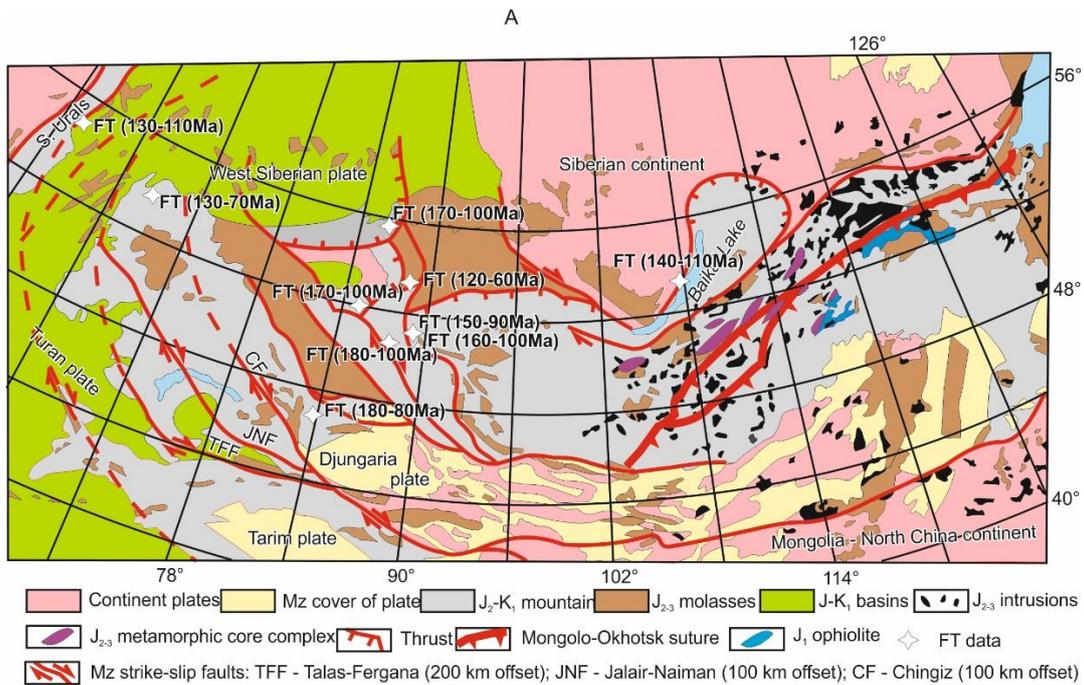


Рис. 1. Тектоническая схема Монголо-Охотского орогена позднеюрского-раннемелового времени (А) и типичные трековые данные (АFT) для Сибирского Алтая (а, b, c) и Центрального Тянь-Шаня (d, e, f) с модельными возрастaми $t(m)$ (В). На схеме показаны горные системы возраста J_2 - K_1 и ассоциирующие молассы J_2 - K_1 и J_2 - J_3 возрастов, юрские интрузии (в восточной части), важнейшие сутуры и сдвиговые разломы. На диаграммах апатитовых трековых возрастaх (АFT) толстые линии вероятного изменения температуры при подъеме показаны в доверительной 50% зоне (серое). Пологие участки линий – время пенепленизации, крутые – разновозрастные эпохи горообразования.

Исследования выполнены в рамках планов НИР ИГМ СО РАН, гранта правительства РФ (№ 14.Y26.31.0029) и гранта РФФИ № 18-05-70109.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Morton C.A., Clauue-Long C.J. and Hallsworth C.R. Zircon age and heavy mineral constraints of North Sea Carboniferous sandstones // *Marine Petrol. Geol.* –2001. – 18. –P. 319-337.
2. Murphy B.J., Fernandez-Suarez J., Jeffries T. and Strachan R. U–Pb (LA-ICP-MS) dating of detrital zircons from Cambrian clastic rocks in Avalonia: erosion of a Neoproterozoic arc along the northern Gondwanan margin. // *J. Geol. Soc.* –2004. – 161. –P. 243-254.
3. Ketcham, R.A. Forward and inverse modelling of low-temperature thermochronometry data. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry.* –2005. – 58. – P. 275-314.
4. Bullen M.E., Burbank D.W., Garver J.I., Abdrakhmatov K. Ye. Late Cenozoic tectonic evolution of the northwestern Tien Shan: new age estimates for the initiation of mountain building // *Geological Society of America Bulletin.* –2001. – 113. –P. 1544-559.
5. De Pelsmaeker E., Glorie S., Buslov M.M., Zhimulev F. I., Poujol M., Korobkin V.V., Vanhaecke F., Vetrov E.V., De Grave J. Late-Paleozoic emplacement and Meso-Cenozoic reactivation of the southern Kazakhstan granitoid basement // *Tectonophysics.* –2015. – 662. –P. 416-433.
6. De Grave J., Glorie S., Buslov M.M., Stockli D.F., McWilliams M.O, Batalev V., Van den haute P. Thermo-tectonic history of the Issyk-Kul basement (Kyrgyz Northern Tien Shan, Central Asia) // *Gondwana Research.* –2013. – 23. – P. 998-1020.
7. De Grave J., De Pelsmaeker E., Zhimulev F.I., Glorie S., Buslov M.M., Van den Haute P. Meso-Cenozoic building of the northern Central Asian Orogenic Belt: thermotectonic history of the Tuva region // *Tectonophysics.* – 2014. – 621. – P. 44-59.
8. Glorie S., De Grave, J. Exhuming the Meso–Cenozoic Kyrgyz Tianshan and Siberian Altai-Sayan: a review based on low-temperature thermochronology // *Geoscience Frontiers.* – 2016. – 7. – P. 155-170.
9. Glorie, S., De Grave, J., Delvaux, D., Buslov, M.M., Zhimulev, F.I., Vanhaecke, F., Elburg M.A., Van den Haute P. Tectonic history of the Irtysh shear zone (NE Kazakhstan): New constraints from zircon U/Pb dating, apatite fission track dating and palaeostress analysis. *Journal of Asian Earth Sciences.* –2012. – 45. –P.381-49.
10. Glorie S., De Grave J., Zhimulev F.I., Buslov M.M., Elburg M. A, Van den Haute P. Structural control on Meso-Cenozoic tectonic reactivation and denudation in the Siberian Altai: insights from multi-method thermochronometry // *Tectonophysics.* – 2012. – 544-545. – P. 75-92.
11. Gillespie J., Glorie S., Xiao W., Zhang Zh., Collins Alan S., Collins N. Mesozoic reactivation of the Beishan, southern Central Asian Orogenic Belt: insights from low-temperature thermochronology // *Gondwana Research.* – 2017. – 43. – P. 107-122.
12. Jolivet M., Ritz J.-F, Vassallo R., Larroque C, Braucher R, Todbileg M., Chauvet A, Sue C, Arnaud N., De Vicente R, Arzhanikova A., Arzhanikov S. Mongolian summits: an uplifted, flat, old but still preserved erosion surface // *Geology.* – 2007. – 35. – P. 871-874.
13. Yuan W.M., Carter A., Dong J.Q., Bao Z.K., An Y.C., Guo Z.J. Mesozoic- tertiary exhumation history of the Altai Mountains, northern Xinjiang, China: new constraints from apatite fission track data // *Tectonophysics.* – 2006. – 412. – P.183-193.
14. Delvaux D., Cloetingh S., Beekman F., Sokoutis D., Burov E., Buslov M.M., Abdrakhmatov K.E. Basin evolution in a folding lithosphere: Altai-Sayan and Tien Shan belts in Central Asia. *Tectonophysics.* –2013. – 602. – P. 194-222.
15. De Grave J., Buslov M.M., Van den Haute P. Intercontinental deformation in Central Asia: distant effects of India–Eurasia convergence revealed by apatite fission-track thermochronology // *Himalayan J. Sci.* –2004. – 2, № 4. – P. 121-122.

16. Dobretsov N.L., Buslov M.M., Delvaux D., Berzin N.A., Ermikov V.D. Meso- and Cenozoic tectonics of the Central Asian mountain belt: effects of lithospheric plate interaction and mantle plumes // *Int. Geol. Rev.* – 1996. – 38. – P. 430–466.
17. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. Тр. АН СССР, Институт Океанологии им П.П. Ширшова. –М.: Наука, 1988. –308с. (Lisitsyn A.P. Avalanche sedimentation and interruptions in sedimentation in the seas and oceans; Academy of Sciences of the USSR, Shirshov Institute of Oceanology. –Moscow: Nauka, 1988. – 308 p.)
18. Burg J.P. Geology of the onshore Makran accretionary wedge: Synthesis and tectonic interpretation // *Earth-Science Reviews.* – 2012. –V. 185. – P. 1210-1231.
19. Golonka J. Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic // *Tectonophysics.* – 2004. – 381. – P. 235–273.
20. Zorin Yu.A. Geodynamics of the western part of the Mongolia-Okhotsk collisional belt, Trans-Baikal region (Russia) and Mongolia // *Tectonophysics.* – 1999. – 306. – P. 33–50.
21. Davies C., Allen M., Buslov M., Safonova I. Deposition in the Kuznetsk Basin, Siberia: insights into the Permian-Triassic transition and the Mesozoic evolution of Central Asia // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* – 2010. – V. 295. – P. 307–322.
22. Le Heron D.P., Buslov M.M., Davies C., Richards K., Safonova I.Yu. Evolution of Mesozoic fluvial systems along the SE flank of the West Siberian Basin, Russia // *Sedimentary Geology.* – 2008. – V. 208. – P. 45–60.

© М. М. Буслов, А. В. Куликова, 2021