

УДК 552.3+551.2

## ЭТАПЫ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ТАННУОЛЬСКО-ХАМСАРИНСКОГО СЕГМЕНТА ЦАСП (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ U–Pb-ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

© 2021 г. С. И. Школьник<sup>1,\*</sup>, Е. Ф. Летникова<sup>2</sup>, Л. З. Резницкий<sup>1</sup>,  
А. В. Иванов<sup>2</sup>, А. И. Прошенкин<sup>2</sup>

Представлено академиком РАН В.В. Ярмолюком 03.03.2021 г.

Поступило 05.03.2021 г.

После доработки 09.03.2021 г.

Принято к публикации 10.03.2021 г.

На основе датирования метаморфических и магматических пород северо-восточной части Хамсаринского террейна установлены основные этапы тектоно-магматической активизации на границе двух крупных структур — Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) и Сибирского кратона. Формирование инициальных вулканогенно-осадочных образований этого террейна, фиксирующих окраинно-континентальный этап развития, происходило в возрастном интервале 680–640 млн лет. Возраст аккреционно-коллизийных событий в примыкающем к Сибирской платформе фрагменте ЦАСП фиксируется внедрением постколлизийных гранитоидов с возрастом 480 млн лет. Последующие проявления ордовикского внутриплитного вулканизма (464–462 млн лет) связываются с процессами распада коллизийного орогена в условиях начинающегося рифтогенеза. Еще один этап развития этого блока связан также с процессами внутриконтинентального растяжения и представлен позднепалеозойским базитовым магматизмом с возрастом 267 млн лет. Впервые установленные проявления рифтогенных процессов разного возрастного уровня в пределах рассматриваемого фрагмента ЦАСП связываются с его расположением на границе крупных внутриконтинентальных структур, разделенных разломами, сохраняющими свою активность на протяжении длительного времени.

*Ключевые слова:* Таннуольско-Хамсаринская островодужная система, Хамсаринский террейн, осадочно-вулканогенные толщи, U–Pb-изотопные исследования

DOI: 10.31857/S2686739721060141

Таннуольско-Хамсаринский сегмент является крайним восточным фрагментом крупной Кузнецко-Тувинской или Тувино-Монгольской островодужной системы, существовавшей в Палеоазиатском океане в венде-кембрии ([1] и др.). В свою очередь Таннуольско-Хамсаринская островодужная система разделяется на Хамсаринскую и Таннуольскую зоны, которые могут считаться террейнами [1–3]. Изотопно-геохронологические данные для Таннуольско-Хамсаринского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса многочисленны и получены, преимущественно,

для пород Таннуольской зоны. Для габброидов офиолитового комплекса инициальной стадии развития системы установлен возраст  $578.1 \pm 5.6$  млн лет [4], а в целом, этапы кислого и основного островодужного магматизма оцениваются временными диапазонами 570–560, 540–520 млн лет [5, 6]. В Хамсаринской зоне установлен ордовикский возраст практически нематморфизованных вулканитов хамсаринской свиты, с несогласием перекрывающей докембрийские слоистые толщи террейна и маркирующих границу различающихся этапов в геологическом развитии региона [7]. С этим же временным интервалом 450–460 млн лет связаны вулканиты кендейской свиты юго-западной части Таннуольского блока [6].

Цель настоящей статьи — установить возрастные диапазоны формирования инициальных отложений островодужных комплексов Хамсаринского террейна и последующих этапов тектоно-

<sup>1</sup> Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия

<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

\*E-mail: sink@crust.irk.ru

магматической активизации в исследуемой части ЦАСП, имеющие существенное значение для расшифровки эволюционной истории и реконструкции палеогеодинамических событий на границе с Сибирским кратоном.

В строении восточной части Хамсаринского террейна, представляющей собой узкий клин между Сибирской платформой и Тувино-Монгольским микроконтинентом (ТММ), ограниченной Главным Саянским и Азасско-Жомболокским разломами, принимают участие ряд предположительно докембрийских свит (шутхулайская, балыктыгхемская и монгошинская), сложенных в разной степени метаморфизованными пара- и ортопородами и несогласно перекрывающихся существенно вулканогенной, практически неметаморфизованной хамсаринской свитой [3]. В Хамсаринском террейне названия шутхулайской и монгошинской толщ даны по сходству литотипов пород и фрагментов разреза с одноименными толщами ТММ. В пределах террейна широко проявлен палеозойский гранитоидный магматизм, который соотносят, преимущественно, с огнитским и таннуольским комплексами.

Датирование метаморфических пород и гранитоидов огнитского комплекса проводилось методом LA-ICP-MS в Центре многоэлементных и изотопных исследований ИГМ СО РАН (г. Новосибирск). Наиболее древние породы Хамсаринского террейна выделены в шутхулайскую свиту и представлены преимущественно метабазальтами и метаандезитами, по геохимическим особенностям сопоставимыми с породами, сформированными в субдукционной обстановке. Из разреза этой свиты в верховьях р. Обтой (рис. 1) была отобрана проба амфибол-биотитового гнейса (ОК-52/16, 52°49'59.8" с.ш.; 99°29'10.7" в.д.). Проанализированные 57 зерен циркона показали конкордантные значения возраста (степень дискордантности  $\pm 5\%$ ), которые использовались при построении гистограмм и диаграмм плотностей вероятности распределения возрастов. На диаграмме (рис. 2) четко обозначились две сближенные группы зерен циркона неопротерозойского возраста с пиками 720 и 790 млн лет. Конкордантные возрасты самой молодой группы зерен циркона группируются в интервале от 660 до 680 млн лет.

По циркону из метатерригенных пород монгошинской свиты (проба ОК-42, 52°47'51.2" с.ш.; 99°47'34.4" в.д.), подстилающей хамсаринскую, было получено 69 конкордантных значений возраста. Самые молодые значения возраста цирконов (5 зерен) с пиком на 640 млн лет указывают, что накопление пород свиты происходило не ранее этого времени (рис. 2). Для второй популяции детритовых зерен циркона из метаосадков свиты характерен более широкий диапазон возрастов —

от 740 до 960 млн лет, с пиком, как и вышележащей толще, на 790 млн лет.

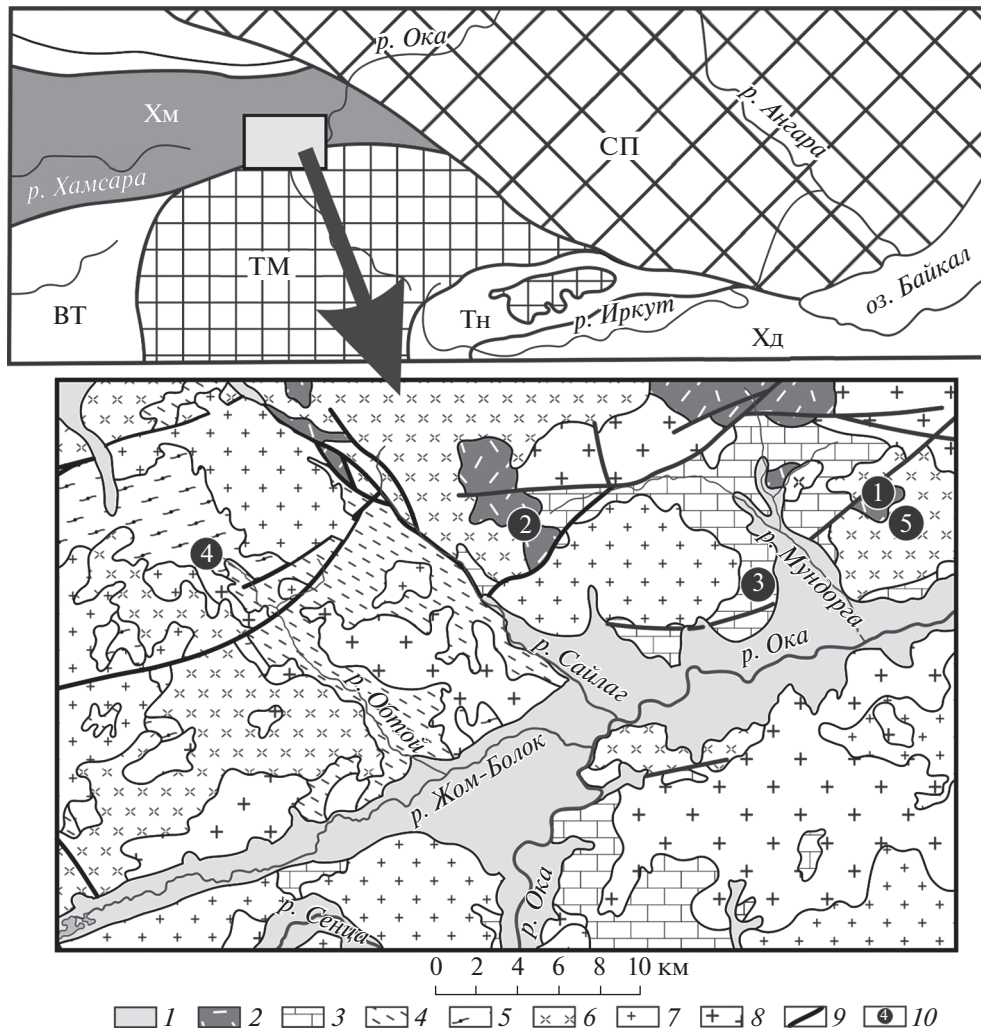
Полученные данные показывают, что одноименные осадочно-вулканогенные толщи в пределах ТММ и Хамсаринского блока являются разновозрастными и не являются стратиграфическими аналогами. Так, для терригенных образований ТММ серия наиболее молодых возрастов детритовых зерен циркона ограничена рубежом 750–780 млн лет, а время седиментации этих пород происходило не моложе 750 млн лет на основании данных о возрасте прорывающих их силлов [8]. Выделяемые под тем же названием осадочно-вулканогенные толщи Хамсаринского террейна накапливались не древнее 640–680 млн лет.

Постметаморфический этап развития этого блока установлен на основе изучения гранитоидов, условно относимых к огнитскому комплексу (ОК-86/2 р. Мундорга, 52°51'36.4" с.ш.; 99°55'30.8" в.д., точка 5 на рис. 1). Здесь эти интрузивные образования внедрились в метаморфизованные отложения монгошинской свиты и имеют возраст 480 млн лет (рис. 2). По своим геохимическим характеристикам их можно отнести к породам, сформированным в постколлизционную стадию.

Ранее нами был установлен возраст кислых эффузивов хамсаринской свиты (р. Сайлаг), который по данным U–Pb-датирования (SIMS) по зернам циркона из двух проб отвечает  $463.9 \pm 2.8$  и  $461.7 \pm 3.1$  млн лет [7]. Образование эффузивов не связано с субдукционной историей развития террейна, а происходило после коллизии во внутриплитных условиях.

К хамсаринской свите традиционно относятся также основные вулканиты, которые слагают блоки, обособленные от выходов кислых пород. Из пробы (ОК-43/4, 52°51'45.4" с.ш.; 99°55'37.1" в.д.) зеленокаменно измененных пород андезибазальтового состава был выделен циркон, U–Pb-датирование которого было проведено на ионном микроанализаторе SHRIMP-II в центре изотопных исследований ВСЕГЕИ им. А.П. Карпинского. Полученные точки анализов на диаграмме образуют конкордантный кластер с возрастом  $267.4 \pm 2.8$  млн лет (рис. 3). Исходя из полученных данных, андезибазальты ошибочно отнесены к породам хамсаринской свиты. Они фиксируют более поздний этап развития Хамсаринского блока, который также связан с процессами внутриконтинентального растяжения, но происходившими в позднепалеозойское время, как в пределах ЦАСП ([9] и др.), так и прилегающих образованиях Сибирского кратона ([10] и др.).

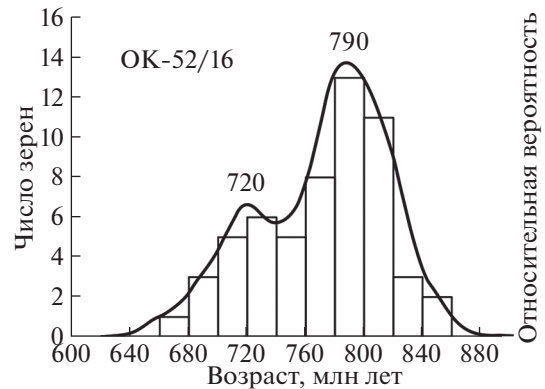
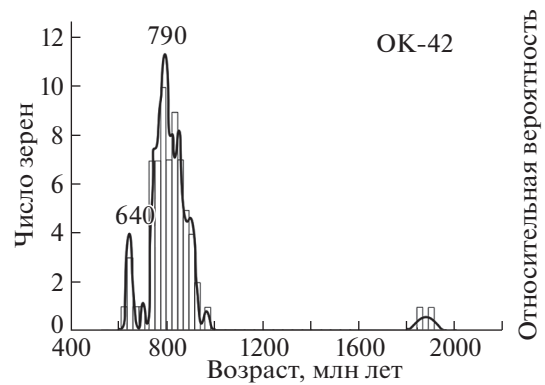
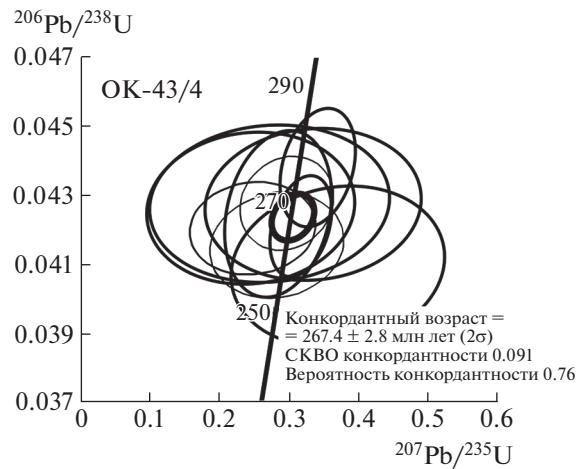
Таким образом, возрастной рубеж 680–640 млн лет, отвечающий изначальному субдукционному вулканизму Хамсаринского террейна, до настоящего времени не был зафиксирован ни в прилега-



**Рис. 1.** Схема террейнов Байкал-Хубсугульского региона (с использованием данных А.Б. Кузьмичева [2] и А.А. Монгуша [3]) и схематизированная геологическая карта района рек Ока и Жомболок, на основе карты м-ба 1 : 200 000. 1 – кайнозойские отложения, 2 – хамсаринская свита, 3 – монгошинская свита, 4 – балыктыгхемская свита, 5 – шутхулайская свита, 6 – гранитоиды огнитского комплекса, 7 – гранитоиды таннуольского комплекса, 8 – протерозойские гранитоиды, 9 – разломы, 10 – места отбора проб для изотопного датирования.

ющей части ТММ, ни в пределах самой Таннуольско-Хамсаринской островодужной системы. В то время как поздние события, связанные с ранне- и позднепалеозойским рифтогенезом, типичны как для Таннуольско-Хамсаринской зоны [9, 11], так и для ТММ [12, 13]. Присутствие в вулканогенных породах основания Хамсаринского террейна значительного количества отнесенных к ксеногенным зерен циркона неопротерозойского возраста (рис. 2) указывает на то, что формирование пород шутхулайской свиты происходило уже на сформированной коре, где в интервале 720–790 млн лет широко были проявлены процессы тектоно-магматической активизации. Это свидетельствует о заложении Хамсаринского блока в раннем неопротерозое, значительно древнее, чем становление Таннуольско-Хамсаринской остро-

водужной системы. Завершение аккреционно-коллизийных событий в примыкающем к Сибирской платформе фрагменте складчатого пояса фиксируется внедрением гранитоидов условно огнитского комплекса с возрастом 480 млн лет. Кислые эффузивы возрастного диапазона 464–462 млн лет по микроэлементному составу существенно отличаются от гранитоидов огнитского комплекса, а их формирование связано с постколлизийной историей развития этого сегмента ЦАСП. Проведенные исследования вносят существенные коррективы в хронологию стратификации осадочно-вулканогенных последовательностей этого фрагмента Хамсаринского блока и не находят аналогий в проявлении общих тектоно-магматических событий с прилегающими блоками.



**Рис. 2.** Результаты U–Pb изотопных исследований. 1 – горизонты алевролитов, песчаников; 2 – амфибол-биотитовые и биотитовые гнейсы, кристаллические сланцы; 3 – мраморизованные известняки, горизонты графитистых мраморов; 4 – биотитовые, биотит-амфиболовые сланцы; 5 – эффузивы кислого, среднего состава и их туфы; 6 – эффузивы основного состава; 7 – места отбора проб для U–Pb-изотопного анализа.

Установленные проявления рифтогенных процессов разного возрастного уровня в пределах рассматриваемого террейна могут быть связаны с его положением вблизи границы раздела платформенной и складчатой областей. Их развитие в

зонах активизации основных тектонических швов – Главного Саянского разлома и разломов, ограничивающих докембрийские структуры (массивы) складчатого обрамления, сохраняется вплоть до кайнозоя и связывается с различными событиями

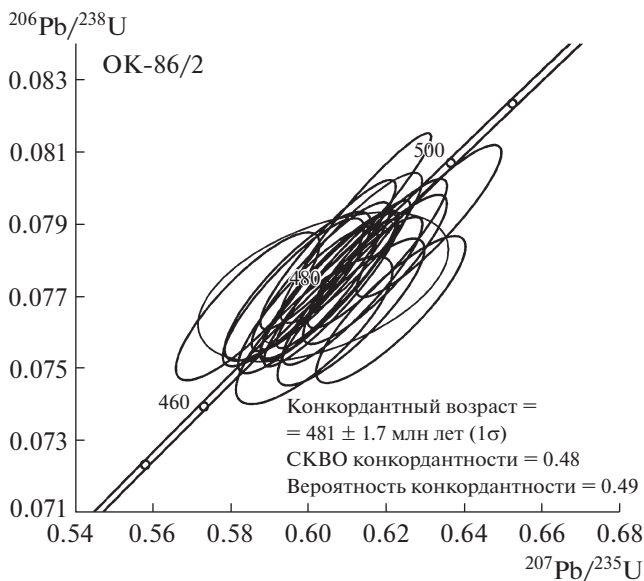


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для зерен циркона из гранитоидов (ОК-86/2) огникового комплекса Хамсаринского террейна.

ями [14]. Позднепалеозойский базитовый магматизм, проявленный как в пределах южного фланга Сибирского кратона, так и в прилегающих образованиях складчатого пояса может быть связан как с процессами внутриконтинентального растяжения, в тылу активной окраины Сибирского континента на фоне субдукции под нее коры Монголо-Охотского океана [10], так и с типичным для рифтов базит-щелочногранитным мантийным плюмовым магматизмом [9].

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 20-05-00560 и государственного задания ИЗК СО РАН и ИГМ СО РАН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзин Н.А., Кунгурцев Л.В. Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 1. С. 63–81.
2. Кузьмичев А.Б. Тектоническая история Тувино-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. М.: ПРОБЕЛ-2000, 2004.
3. Монгуш А.А., Лебедев В.И., Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Дружкова Е.К., Яковлева С.З., Плоткина Ю.В., Загорная Н.Ю., Травин А.В., Серов П.А. Тектономагматическая эволюция структурно-вещественных комплексов Таннуольской зоны Тувы в позднем венде-раннем кембрии (на основе геохимических, Nd изотопных и геохронологических данных) // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 5. С. 649–665.
4. Монгуш А.А., Лебедев В.И., Травин А.В., Ярмолюк В.В. Офиолиты Западной Тувы – фрагмент поздневендской островной дуги Палеоазиатского океана // ДАН. 2011. Т. 438. № 6. С. 796–802.
5. Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 300 с.
6. Ветров Е.В., Черных А.И., Бабин Г.А. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Восточно-Таннуольского сектора Тувинского магматического пояса: геодинамическая позиция, возраст и металлогения // Геология и геофизика. 2019. № 5. С. 641–665.
7. Школьник С.И., Иванов А.В., Резницкий Л.З., Летникова Е.Ф., Х Хе, Х Ю, Ю. Ли, Вишневская И.А., Бараш И.Г. Среднеордовикские эффузивы Хамсаринского террейна (Тува) как индикаторный комплекс // Геология и геофизика. 2017. № 9. С. 1298–1313.
8. Кузьмичев А.Б., Ларионов А.Н. Неопротерозойские островные дуги Восточного Саяна: длительность магматической активности по результатам датирования вулканокластиков по цирконам // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 1. С. 45–57.
9. Ярмолюк В.В., Лыхин Д.А., Шурига Т.Н., Воронцов А.А., Сугоракова А.М. Возраст, состав пород, руд и геологическое положение бериллиевого месторождения Снежное: к обоснованию позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометальной зоны (Россия) // Геология рудных месторождений. 2011. Т. 53. № 5. С. 438–449.
10. Гладкочуб Д.П., Донская Т.В., Иванов А.В., Эрнст Р., Мазукабзов А.М., Писаревский С.А., Ухова Н.А. Фанерозойский базитовый магматизм южного фланга Сибирского кратона и его геодинамическая интерпретация // Геология и геофизика. 2010. № 9. С. 1222–1239.
11. Vetrov E., De Grave J., Vetrova N., Zhimulev F., Nachtergaele S., Van Ranst G., Mikhailova P. Tectonic History of the South Tannuol Fault Zone (Tuva Region of the Northern Central Asian Orogenic Belt, Russia): Constraints from Multi-method Geochronology // Minerals. V. 10. P. 2–22.
12. Рассказов С.В., Масловская М.Н., Скопинцев В.Г., Саранина Е.В., Ильясова А.М., Сизых Ю.И. Позднепалеозойские субщелочные и редкометальные гранитоиды юго-восточной части Восточного Саяна (геохимические характеристики и Rb-Sr-изотопная систематика) // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 11. С. 1133–1144.
13. Никифоров А.В., Ярмолюк В.В. Раннепалеозойский возраст формирования и геодинамическое положение Ботогольского и Хушагольского массивов щелочных пород Центрально-Азиатского складчатого пояса // ДАН. 2007. Т. 412. № 1. С. 81–86.
14. Васильев Е.П., Беличенко В.Г., Резницкий Л.З. Соотношение древней и кайнозойской структур на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны // ДАН. 1997. Т. 353. № 6. С. 789–792.

## STAGES OF TECTONO-MAGMATIC ACTIVITY IN THE BORDER ZONE OF THE SIBERIAN PLATFORM AND TANNUOLA-KHAMSARA SEGMENT OF THE CAFB (ACCORDING TO THE RESULTS OF U–Pb ISOTOPE STUDIES)

S. I. Shkolnik<sup>a,#</sup>, E. F. Letnikova<sup>b</sup>, L. Z. Reznitskii<sup>a</sup>, A. V. Ivanov<sup>b</sup>, and A. I. Proshenkin<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Institute of the Earth's crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation*

<sup>b</sup> *Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

<sup>#</sup> *E-mail: sink@crust.irk.ru*

Presented by Academician of the RAS V.V. Yarmolyuk March 3, 2021

Based on the dating of metamorphic and igneous rocks of the northeastern part of the Khamsara terrane, the main stages of tectono-magmatic activity at the border of two large structures – the Central Asian fold belt (CAFB) and the Siberian craton – have been established. The formation of the initial volcanogenic-sedimentary formations of this terrane, which mark the continental-marginal stage of development, took place in the age of 680–640 Ma. The age of accretion-collisional events in the CAFB fragment adjacent to the Siberian platform is fixed by the intrusion of postcollisional granitoids with an age of 480 Ma. Subsequent manifestations of Ordovician intraplate volcanism (464–462 Ma) are associated with the decay of the collisional orogen under the conditions of incipient rifting. Another stage in the development of this block is also associated with the processes of intracontinental extension and is represented by Late Paleozoic basic volcanism with an age of 267 Ma. The first established manifestations of rifting processes of different age levels within the considered fragment of the CAFB are associated with its location on the border of large inland structures separated by faults that retain their activity for a long time.

**Keywords:** Tannuola-Khamsara island arc system, Khamsara terrane, volcanogenic and sedimentary rocks, zircon U–Pb dating