

УДК 552.143:551.83(571.63)

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb-ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ ПАЛЕОЗОЙСКО-РАННЕМЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЛАОЕЛИН-ГРОДЕКОВСКОГО ТЕРРЕЙНА (ЗАПАДНОЕ ПРИМОРЬЕ)

¹Малиновский А.И., ¹Чашин А.А., ²Хубанов В.Б.

¹ФГБУ «Дальневосточный геологический институт ДВО РАН», Владивосток, e-mail: malinovsky@fegi.ru;

²ФГБУ «Геологический институт СО РАН», Улан-Удэ, e-mail: khubanov@mail.ru

В статье представлены первые результаты U-Pb-геохронологических исследований детритовых цирконов из палеозойско-раннемезозойских отложений Лаоелин-Гродековского террейна (Западное Приморье). Террейн представляет собой складчатую структуру, образованную нижнесилурийскими, пермскими и верхнетриасовыми отложениями, интенсивно дислоцированными и пронизанными многочисленными интрузиями гранитов. Из всех отложений были отобраны образцы для исследований. Целью проведенных исследований было U-Pb-изотопное датирование детритовых цирконов из разновозрастных песчаников, что позволило детализировать имеющиеся данные о составе, возрасте и возможном положении источников питания, поставивших обломочный материал в седиментационные бассейны террейна. Установлено, что конкордантные U-Pb-изотопные возрасты цирконов террейна варьируют в диапазоне от неогархея (2553 млн лет) до позднего триаса (218–205 млн лет). Среди исследованных цирконов резко преобладают палеозойские, образующие несколько возрастных совокупностей. Меньших цирконов с докембрийскими и раннемезозойскими (триасовыми) возрастными. Возрасты самых «молодых» популяций цирконов из песчаников кордонкинской, решетниковской, мангунайской и тальминской свит хорошо согласуются с биостратиграфическими возрастными этими образованиями. В породах барабашской свиты обнаружены цирконы, возраст которых (247–258 млн лет) моложе, чем принятое для свиты верхнее стратиграфическое ограничение. Полученные результаты исследований показывают, что возрасты установленных совокупностей цирконов достаточно хорошо согласуются с известными этапами проявления гранитоидного магматизма в восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. Источники сноса, поставившие обломочный материал в седиментационные бассейны террейна, включали в себя гранитоиды широкого возрастного спектра. Этими источниками были кристаллические комплексы Северо-Китайского кратона, раннепалеозойские коллизионные граниты Бурея-Цзямусы-Ханкайского супертеррейна, а также широко распространенных в регионе палеозойских и раннемезозойских массивов и террейнов (Артемовского, Надеждинского, Цзямусы, Сунляо).

Ключевые слова: Лаоелин-Гродековский террейн, палеозой, мезозой, цирконы, U-Pb-датирование

FIRST RESULTS OF U-Pb DATING OF DETRITAL ZIRCONS FROM PALEOZOIC-EARLY MESOZOIC DEPOSITS OF THE LAOELING-GRODEKOVO TERRANE (WESTERN PRIMORYE)

¹Malinovsky A.I., ¹Chashchin A.A., ²Khubanov V.B.

¹Far Eastern Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: malinovsky@fegi.ru;

²Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, e-mail: khubanov@mail.ru

The article presents the first results of U-Pb geochronological studies of detrital zircons from the Paleozoic-Early Mesozoic deposits of the Laoling-Grodekovo terrane (Western Primorye). Terrain is a folded structure formed by Lower Silurian. Permian and Upper Triassic deposits, intensively dislocated and penetrated by numerous granite intrusions. Samples were taken from all deposits for investigation. The purpose of the study was U-Pb isotopic dating of detrital zircons from different ages of sandstones, which made it possible to detail the available data on the composition, age and possible position of sources that supplied clastic material to the sedimentation basins of the terrane. Concordant U-Pb isotope ages of terrane zircons have been found to range from Neoproterozoic (2553 Ma) to late Triassic (218–205 Ma). Among the studied zircons, Paleozoic strongly predominate, forming several age aggregates. Smaller zircons with Precambrian and Early Mesozoic (Triassic) ages. The ages of the youngest populations of sandstone zircons of the Cordonka, Reshetnikovka, Mangunai and Talmi formations are well consistent with the biostratigraphic ages of these formations. Zircons with an age (247–258 Ma) younger than the upper stratigraphic limit adopted for the formation were found in the rocks of the Barabash formation. The obtained results show that the ages of the established zircon collections are quite well consistent with the known stages of the manifestation of granitoid magmatism in the eastern part of the Central Asian fold belt. Sources area supplying clastic material to terrane sedimentation basins included granitoids of a wide age spectrum. These sources were crystalline complexes of the North China Craton, early Paleozoic collision granites of the Bureya-Jiamusi-Khanka superterrein, as well as widespread Paleozoic and Early Mesozoic massifs and terranes (Artyomovka, Nadezhdink, Jiamusi, Sunliao) in the region.

Keywords: West Laoling-Grodekovo terrane, Paleozoic, Mesozoic, zircons, U-Pb dating.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-05-00037).

Начиная с конца прошлого столетия при геологическом изучении территории Центрально-Азиатского складчатого пояса, восточное окончание которого протягивается вплоть до юга Приморского края, большое внимание стало уделяться U-Pb-

датированию цирконов из магматических и метаморфических комплексов, что позволило достоверно обосновать их геологический возраст [1-3]. Гораздо хуже обстоит дело с изучением детритовых цирконов из широко развитых здесь терригенных отложений. Это в полной мере относится и к палеозойско-раннемезозойским отложениям Лаоелин-Гродековского террейна, расположенного в западной части Приморья, где они практически не изучались. Между тем в последние годы метод U-Pb-изотопного датирования детритовых цирконов из терригенных пород стал весьма популярным инструментом для уточнения возраста и состава пород областей питания, а также выяснения палеогеографических и палеогеодинамических обстановок, существовавших в рассматриваемых регионах в момент формирования бассейнов осадконакопления [4; 5]. Для восполнения имеющегося пробела в подобных исследованиях нами было проведено детальное изучение внутренней структуры и U-Pb-изотопное датирование детритовых цир-

конов из нижнесилурийских, пермских и верхнетриасовых терригенных отложений Лаоелин-Гродековского террейна, расположенного в западной части Приморского края. Цель исследования: на основании полученных U-Pb-датировок детритовых цирконов из отложений террейна установить состав, положение и возраст пород его питающих провинций, что в дальнейшем позволит проследить этапы эволюции всего Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Материалы и методы исследования

Для U-Pb-геохронологических исследований детритовых цирконов были отобраны пробы из песчаных пород всех изученных в Лаоелин-Гродековском террейне свит (рис. 1). Проба Л-10 взята из раннесилурийской кордонкинской свиты, обнажающейся в левом борту р. Кордонки ($44^{\circ}18'48.89''$ с.ш. и $131^{\circ}16'52.98''$ в.д.). Из ранне-среднепермской решетниковской свиты в бассейне руч. Артиллерийский отобрана проба Р-53 ($43^{\circ}12'51.92''$ с.ш. и $131^{\circ}21'44.30''$ в.д.).

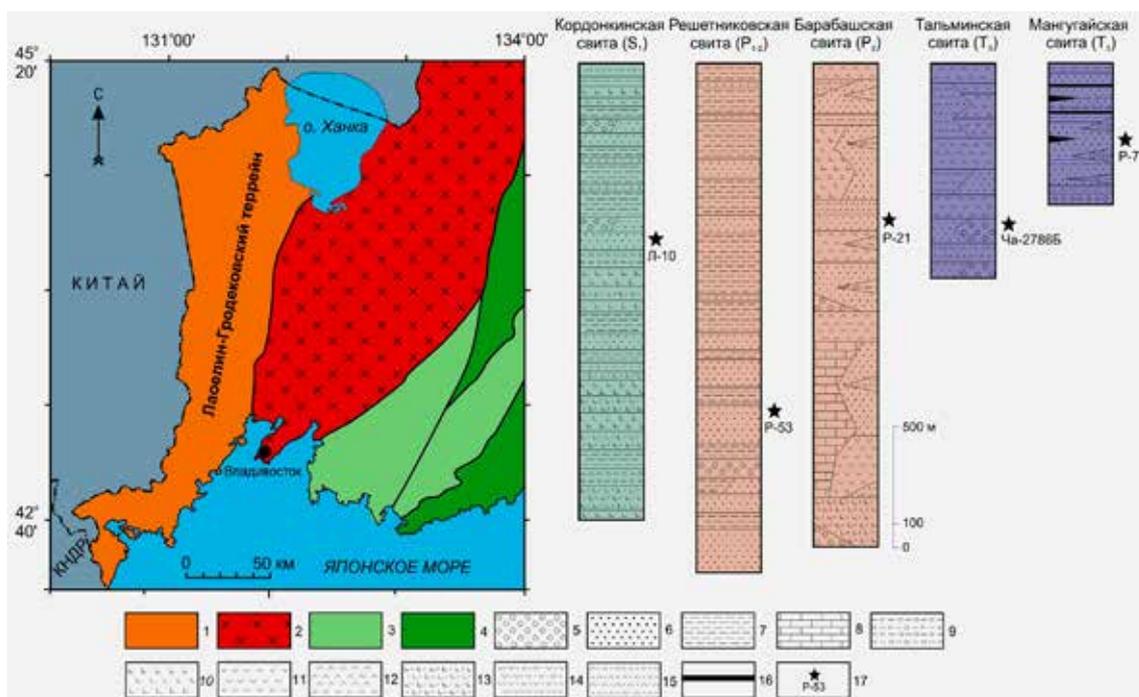


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Южного Приморья и литологические колонки палеозойско-раннемезозойских отложений Лаоелин-Гродековский террейна. 1–4 – террейны: 1 – Лаоелин-Гродековский, 2 – раннепалеозойского Буря-Цзямусы-Ханкайского орогенного пояса, 3 – раннепалеозойской активной окраины, 4 – мезозойского Сихотэ-Алинского орогенного пояса; 5 – конгломераты и гравелиты; 6 – песчаники; 7 – алевролиты и аргиллиты; 8 – известняки; 9 – кремнистые породы; 10 – базальты; 11 – андезиты; 12 – дациты и риолиты; 13–15 – туфы и туффиты: 13 – основного, 14 – среднего, 15 – кислого состава; 16 – угли; 17 – места отбора проб на U-Pb-геохронологические исследования детритовых цирконов и их номера

Проба Р-21 взята из среднепермской барабашской свиты. Проба отобрана у южного портала Нарвинского тоннеля (43°08'07.50" с.ш. и 131°25'06.10" в.д.). В карьере у с. Рубиновка, из поздне триасовой тальминской свиты, отобрана проба Ча-2786Б (44°41'44.90" с.ш. и 131°41'33.10" в.д.). Также поздне триасовая мангугайская свита опробована вдоль дороги у с. Занаворовка (проба Р-78, 43°16'37.92" с.ш. и 131°35'19.98" в.д.). Подготовка проб и выделение цирконов проведены в ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток). С помощью электронного микроанализатора JXA-8100, оснащенного катодлюминесцентным детектором, были изучены морфология и внутренние строения зерен циркона. U-Pb-изотопное датирование цирконов выполнено в ЦКП «Геоспектр» Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ) методом лазерной абляции (LA SF-ICP-MS) на масс-спектрометре высокого разрешения Element XR, соединенном с приставкой лазерного проботбора UP-213. Параметры и детали методики изложены в работе [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Лаоелин-Гродековский террейн – одна из важнейших тектонических структур восточной окраины Евразии. По имеющимся представлениям, он, совместно с раннепалеозойскими террейнами Бурей-Цзямусы-Ханкайского орогенного пояса (супертеррейна), составляет фрагмент восточного окончания Центрально-Азиатского складчатого пояса, разделяющего Сибирский и Сино-Корейский кратоны [7; 8]. Террейн является складчатой структурой, образованной силурийскими, пермскими и верхнетриасовыми осадочными и вулканогенными образованиями, сильно дислоцированными и прорванными многочисленными интрузиями гранитов. Строение и состав отложений достаточно подробно описаны в предыдущих публикациях [9; 10] и представлены на рис. 1.

Проведенные исследования вещественного состава песчаников из разновозрастных отложений террейна показали их существенное различие и, следовательно, формирование за счет различных источников питания [9; 10]. Источником вещества для раннесилурийской кордонкинской свиты были основные и средние вулканы океанической островной дуги, а также магматические и осадочные образования, слагавшие ее фундамент. На накопление пермских отложений решетниковской и ба-

рабашской свит, а также верхнетриасовой мангугайской свиты влияли в основном размывавшиеся кислые породы устойчивых кратонов или поднятых блоков основания, а также обогащенные кварцем древние осадочные пород. Область питания поздне триасовой тальминской свиты могла включать как краевые части рифтов, так и корневые части энсиалической дуги. Помимо этого, на седиментацию влияли продукты размыва древних осадочных и вулканогенных образований.

С целью детализации имеющихся данных о составе, возрасте и возможном положении источников питания, поставивших материал в седиментационные бассейны Лаоелин-Гродековского террейна, было проведено U-Pb-изотопное датирование детритовых цирконов из песчаных пород изученных свит.

Катодлюминесцентные изображения некоторых зерен цирконов приведены на рис. 2. Цирконы кордонкинской свиты (обр. Л-10) преимущественно прозрачные и полупрозрачные, бесцветные либо бледно-розовые, нередко трещиноватые. Преобладают угловато-окатанные и окатанные зерна с размером 100-150 мкм. Более редки короткопризматические кристаллы размером до 200 мкм и с коэффициентом удлинения (КУ) 1,2–2,2. В катодлюминесцентном изображении хорошо видна выраженная тонкая и, реже, грубая осцилляторная магматическая зональность. Наличие в песчаниках угловато-окатанных и окатанных цирконов свидетельствует об удаленном источнике сноса разрушавшихся пород. Цирконы из решетниковской свиты (обр. Р-53) в основном прозрачные, бесцветные или бледно-розовые, иногда слабо трещиноватые. Представлены короткопризматическими и дипирамидальными кристаллами (50–200 мкм, иногда до 250 мкм, КУ 1,5–2,7), а также их многочисленными обломками. Для внутреннего строения цирконов присуща как выраженная тонкая, так и грубая осцилляторная магматическая зональность. Среди цирконов из отложений барабашской свиты (обр. Р-21) доминируют короткопризматические и дипирамидальные кристаллы размером от 70 до 230 мкм и с КУ 1,5–2,5, а также их обломки. Реже встречаются длиннопризматические кристаллы. Цирконы обычно прозрачные и полупрозрачные, бесцветные либо лилово-розовые. Характерной особенностью внутреннего строения кристаллов является хорошо выраженная тонкая и, реже, грубая магматическая

зональность, а также присутствие мелких минеральных и газовой-жидких включений. Цирконы тальминской свиты (обр. Ча-2786Б) прозрачные бледно-розовые. Кристаллы – как крупные удлиненно-призматические (до 200-400 мкм, КУ до 3,5), так и мелкие короткопризматические и дипирамидальные (до 100-200 мкм, КУ 1,5–2,0) – хорошо огранные, неокатанные либо слабо окатанные. Много обломков цирконов обеих разновидностей. В катодоллюминесцентном излучении видна выраженная тонкая и, реже, грубая осцилляционная магматическая зональность. Цирконы из пород мангугайской свиты (обр. Р-78) обычно прозрачные, бесцветные либо бледно-розовые, с короткопризматическими, дипирамидальными и, реже, длиннопризматическими

очертаниями. Часты и их обломки. Зерна от 70 до 200 мкм, иногда до 250–330 мкм, а КУ изменяется от 1,1 до 3,5. Кристаллы обычно не окатаны, и лишь иногда их вершины и ребра сглажены. Для цирконов характерна хорошо выраженная тонкая и, реже, грубая и секториальная зональности, изредка наблюдаются мелкие минеральные и газовой-жидкие включения.

Результаты U-Pb-геохронологических исследований цирконов приведены на гистограммах и кривых плотности вероятности распределения изотопных возрастов (рис. 3). Для рассмотрения и дальнейшего обсуждения использовались возрастные датировки цирконов, у которых дискордантность (D) попадает в интервал значений от –10% до +10%.



Рис. 2. Катодоллюминесцентные изображения детритовых цирконов из песчаных пород изученных свит Лаолин-Гродековского террейна

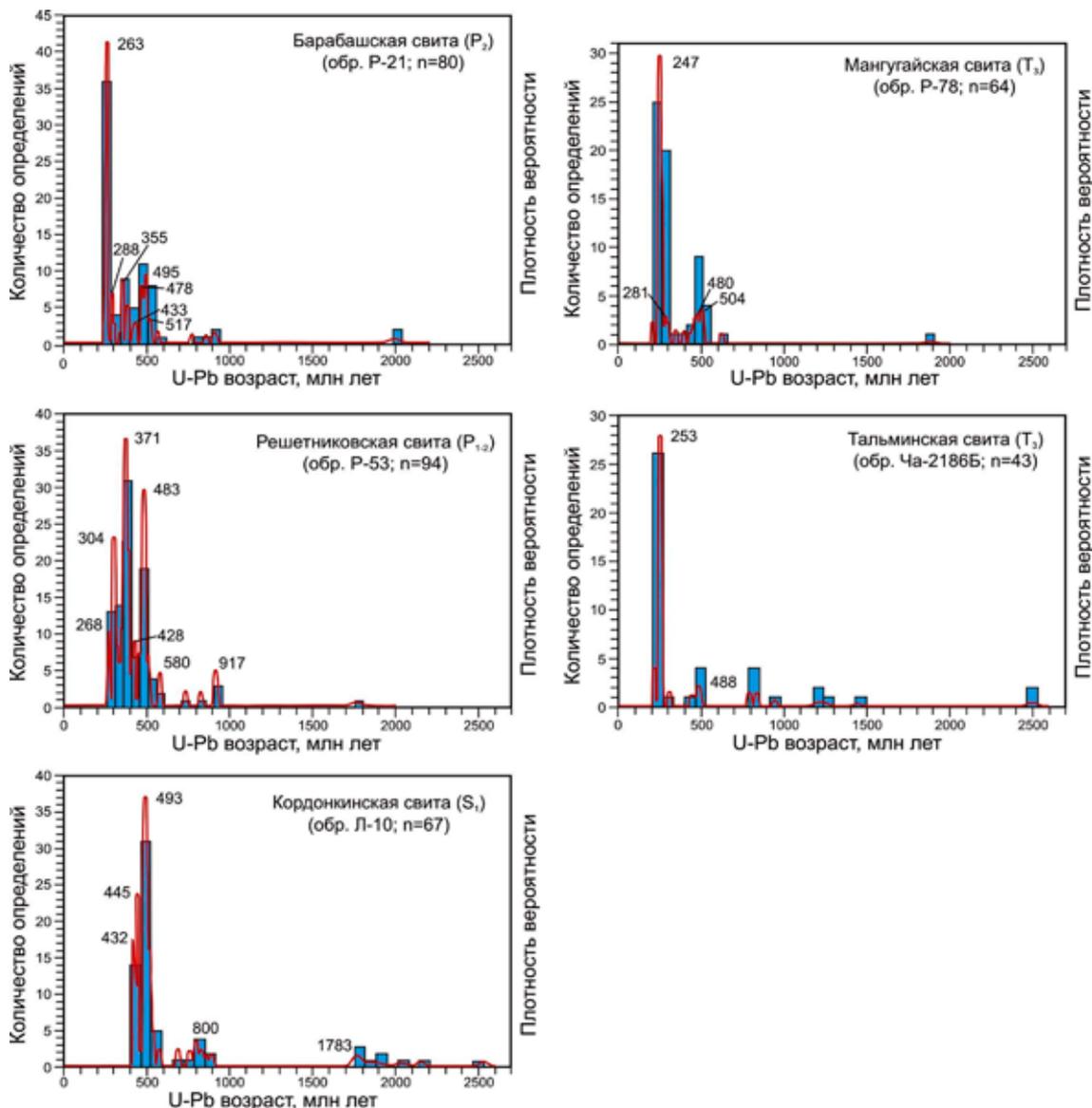


Рис. 3. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U–Pb-изотопных возрастов детритовых цирконов из песчаных пород Лаоелин-Гродековского террейна

Полученные результаты исследований показали, что конкордантные U–Pb-изотопные возрасты цирконов террейна варьируют в широком диапазоне: от неорхейя (2553 млн лет) до позднего триаса (218–205 млн лет). Следует отметить, что возрасты самых «молодых» популяций цирконов из песчаников кордонкинской, решетниковской, мангунгайской и тальминской свит хорошо согласуются с установленными стратиграфическими возрастными этапами этих образований. Вместе с тем в барабашской свите обнаружена популяция цирконов с датировками (247–258 млн лет), которые моложе принятого для нее стратиграфическо-

го возраста. Следовательно, можно сделать предположение о ранне-среднетриасовом времени образования свиты. Для решения этого вопроса требуются дополнительные исследования.

Среди всех исследованных нами цирконов резко преобладают палеозойские, образующие несколько возрастных популяций. В меньших количествах присутствуют цирконы с докембрийскими и раннемезозойскими (триасовыми) возрастными. Во всех свитах докембрийские цирконы представлены двумя совокупностями: палео- (2,5–1,7 млрд лет) и неопротерозойского возраста (892–578 млн лет). Их источниками,

вероятно, были кристаллические комплексы Северо-Китайского кратона и Бурей-Цзямусы-Ханкайского супертеррейна [5; 7; 11]. Присутствие, помимо того, в отложениях тальминской свиты небольшой популяции цирконов с мезопротерозойскими возрастами (1,4–1,2 млрд лет) может свидетельствовать о существовании в этот отрезок времени локального источника цирконов, в дальнейшем быстро эродированного. Палеозойские-раннемезозойские цирконы образуют несколько возрастных интервалов: 536–445, 441–424, 395–341, 340–299 и 298–240 млн лет. Присутствие в песчаниках изученных свит заметного количества цирконов ордовикского и кембрийского возрастов (536–445 млн лет) свидетельствует, что их поставщиками были раннепалеозойские коллизионные граниты Бурей-Цзямусы-Ханкайского супертеррейна, а также других широко распространенных в регионе разновозрастных массивов и террейнов (Артемовского, Надеждинского, Цзямусы, Сунляо) [5; 11; 12]. Количество детритовых цирконов с силурийскими, девонскими и карбоновыми возрастами (от 441 до 299 млн лет) невелико, что связано с затуханием в этот период времени процессов гранитообразования [5]. При этом количество цирконов с силурийскими и девонско-карбоновыми датировками уменьшается вверх по разрезу, вплоть до практически полного их исчезновения в верхнетриасовых отложениях. А вот малочисленная позднекарбоновая популяция встречается практически только в решетниковской свите, в дальнейшем полностью исчезая. Очевидно, что источники цирконов этого широкого возрастного диапазона имели небольшие размеры и к позднему триасу были практически полностью размыты. Гранитоиды этих возрастов известны, например, в террейне Сунляо, а также на Корейском полуострове. Во всех свитах самую многочисленную популяцию образуют цирконы, имеющие пермско-среднетриасовые возрастные датировки (298–240 млн лет). Их источниками были широко распространенные в регионе, в том числе и в Лаоелин-Гродековском террейне, массивы пермских и триасовых гранитоидов [7]. Появление в верхнетриасовых песчаниках тальминской и мангугайской свит самой молодой популяции (219–205 млн лет), вероятно, связано с проявлением в это время на территории Западного Приморья синседиментационного эксплозивного вулканизма.

Заключение

Таким образом, проведенные U–Pb-геохронологические исследования детритовых цирконов из палеозойско-раннемезозойских терригенных отложений Лаоелин-Гродековского террейна позволили детализировать состав, возраст и возможное положение источников питания, поставивших материал в его седиментационные бассейны. Исследованиями обнаружены цирконы широкого возрастного диапазона, среди которых был выделен ряд совокупностей с докембрийскими, палеозойскими и раннемезозойскими возрастами. Установлено, что эти совокупности достаточно хорошо согласуются с известными этапами проявления в восточной части Центрально-Азиатском складчатого пояса гранитоидного магматизма. Источниками цирконов были кристаллические комплексы Северо-Китайского кратона, раннепалеозойские коллизионные граниты Бурей-Цзямусы-Ханкайского супертеррейна, а также широко распространенных в регионе палеозойских и раннемезозойских массивов и террейнов (Артемовского, Надеждинского, Цзямусы, Сунляо).

Список литературы

1. Ханчук А.И., Аленичева А.А., Голозубов В.В., Кандауров А.Т., Юрченко Ю.Ю., Сергеев С.А. Ханкайский массив: гетерогенность фундамента и региональные корреляции // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 4. С. 3–22. DOI: 10.30911/0207-4028-2022-41-4-3-22.
2. Tsutsumi Y., Yokoyama K., Kasatkin S.A., Golozubov V.V. Zircon U-Pb age of granitoids in the Maizuru Belt, southwest Japan and Voznesenka Belt, Far East Russia // J. Mineral. Petrol. Sci. 2014. Vol. 109. P. 97–102. DOI: 10.2465/jmps.131017.
3. Wu F.Y., Sun D.Y., Ge W.C., Zhang Y.B., Grant M.L., Wilde S.A., Jahn B.M. Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China // J. Asian Earth Sci. 2011. Vol. 41. P. 1–30. DOI: 10.1016/j.jseaes.2010.11.014.
4. Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. Палеотектонические и палеогеографические обстановки накопления нижнерифейской айской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал) на основе изучения детритовых цирконов методом «TerraneChrono®» // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 1. С. 1–37. DOI: 10.5800/GT-2018-9-1-0335.
5. Соболев И.Д., Соболева А.А., Удоратина О.В., Канева Т.А., Куликова К.В., Викентьев И.В., Хубанов В.Б., Буянтуев М.Д., Хоуриган Дж.К. Первые результаты U–Pb (LA-ICP-MS) датирования детритовых цирконов из палеозойских островодужных обломочных пород Полярного Урала // БМОИП. Отд. геол. 2017. Т. 92. Вып. 4. С. 3–26.
6. Хубанов В.Б., Буянтуев М.Д., Цыганков А.А. U–Pb изотопное датирование цирконов из PZ3–MZ магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставление с SHRIMP данными // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 241–258. DOI: 10.15372/GiG20160113.
7. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.

8. The Central Asian Orogenic Belt: Geology, Evolution, Tectonics and Models. Ed. A. Kröner. Stuttgart: Borntraeger Science Publisher, 2015. 313 p.

9. Малиновский А.И. Особенности обстановок формирования палеозойских и раннемезозойских отложения Юго-Западного Приморья: результаты изучения и интерпетации вещественного состава песчаных пород // Успехи современного естествознания. 2020. № 7. С. 132–138. DOI: 10.17513/use.37443.

10. Малиновский А.И. Геодинамические режимы формирования позднефанерозойских отложения Юга Лаоелин-Гродековского террейна (Приморье) по геохимии песчаных пород // Успехи современного естествознания. 2021. № 12. С. 160–165. DOI: 10.17513/use.37753.

11. Диденко А.Н., Ото Ш., Кудымов А.В., Песков А.Ю., Архипов М.В., Мияке Ю., Нагата М. Возраст цирконов из осадочных пород Хабаровского, Самаркинского и Жувравлевско-Амурского террейнов северной части Сихотэ-Алиньского орогенного пояса: тектонические следствия // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39. № 1. С. 3–23. DOI: 10.30911/0207-4028-2020-39-1-3-23.

12. Крук Н.Н., Голозубов В.В., Киселев В.И., Крук Е.А., Руднев С.Н., Серов П.А., Касаткин С.А., Москаленко Е.Ю. Палеозойские гранитоиды южной части Вознесенского террейна (Южное Приморье): возраст, вещественный состав, источники расплавов и обстановки формирования // Тихоокеанская геология. 2018. Т. 37. № 3. С. 32–53. DOI: 10.30911/0207-4028-2018-37-3-32-53.