

УДК 551.73

## СОСТАВ И ВОЗРАСТ ПОРОД ОБЛАСТЕЙ СНОСА ДЛЯ НИЖНЕ-СРЕДНЕКЕМБРИЙСКИХ (?) ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЕРНИЧЕНСКОЙ ТОЛЩИ АРГУНСКОГО МАССИВА, ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

© 2023 г. Ю. Н. Смирнова<sup>1</sup>\*, А. В. Куриленко<sup>2</sup>, В. Б. Хубанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия

<sup>2</sup> Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия

\*e-mail: smirnova@ascnet.ru

Поступила в редакцию 18.06.2022 г.

После доработки 10.11.2022 г.

Принята к публикации 21.12.2022 г.

Приведены результаты минералого-геохимических исследований песчаников и алевролитов ерниченской толщи аргунской серии Аргунского континентального массива, а также U–Pb (LA-ICP-MS) датирования зерен детритового циркона из них. Установлено, что наиболее молодая группа детритового циркона характеризуется возрастом 549–570 млн лет с пиком на кривой относительной вероятности возрастов циркона 566 млн лет. Это позволяет предполагать, что нижняя возрастная граница их накопления приходится на границу эдиакария и палеозоя. По результатам U–Pb (LA-ICP-MS) датирования зерен циркона выявлено, что в песчаниках ерниченской толщи доминирующая часть цирконов характеризуется нео- и палеопротерозойскими значениями возраста. Их источниками, по-видимому, послужили нео- и палеопротерозойские магматические и метаморфические образования, широко распространенные в пределах Аргунского континентального массива. В свою очередь, геохимические особенности терригенных пород ерниченской толщи, в совокупности с присутствием в изученных образцах плохо сортированных и слабоокатанных обломков пород, а также с наличием прослоев гравелитов в составе толщи, свидетельствуют об их накоплении в обстановке, связанной с субдукционными процессами.

*Ключевые слова:* Аргунский массив, ранний и средний кембрий, ерниченская толща, терригенные породы, геохимия, U–Pb данные

DOI: 10.31857/S0869592X23050071, EDN: WIKASF

### ВВЕДЕНИЕ

В строении Центрально-Азиатского складчатого пояса принимают участие континентальные массивы и разделяющие их орогенные пояса (Моссаковский и др., 1993; Парфенов и др., 2003 и др.). В восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса одним из наиболее крупных массивов является Аргунский, который на северо-западе граничит с Монголо-Охотским орогенным поясом, а на юго-востоке отделен от Бурей-Цзямусинского массива Южно-Монгольско-Хинганским орогенным поясом (рис. 1а).

Для создания модели формирования Центрально-Азиатского складчатого пояса необходимо проведение комплексных исследований осадочных комплексов, играющих важную роль в его строении. Такие исследования в последние годы проведены нами в пределах восточной части Аргунского континентального массива (Смирнова и др., 2013, 2016, 2017; Смирнова, Сорокин, 2019).

В результате получена информация о геодинамических обстановках накопления осадочных пород в фанерозое, а также реконструированы этапы тектономагматической активности в рассматриваемом регионе. В то же время наименее изученными являются толщи осадочных пород в северо-западной части Аргунского массива. Комплексные исследования выполнены лишь для верхнепротерозойских отложений даурской и быркинской серий (Смирнова, Дриль, 2022; Смирнова и др., 2022).

Разная степень изученности строения Аргунского континентального массива в настоящий момент не позволяет провести корреляцию осадочных комплексов и, соответственно, затрудняет разработку общей геодинамической модели его формирования. В этой связи представляется актуальным проведение минералого-геохимических исследований нижнепалеозойских осадочных пород северо-западной части Аргунского массива

в пределах Восточного Забайкалья, а также U–Pb датирование детритовых цирконов из них. Объектами данного исследования являются условно нижне-среднекембрийские терригенные отложения (песчаники и алевролиты) ерниченской толщи, включаемые в состав аргунской серии (рис. 16).

### КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно региональной стратиграфической схеме Приаргуныя (Решения..., 1994), отложения нижней части аргунской серии в Газимуро-Аргунской подзоне Аргунского массива выделены в быстринскую свиту и ерниченскую толщу, выходы которых имеют преимущественно блоковое строение.

В составе быстринской свиты преобладают доломиты светло-серого, белого, реже сиреневато- и дымчато-серого цвета, с массивной, изредка пятнистой и крустификационной текстурой, а также органогенные известняки серого и темно-серого цвета. Для свиты характерны редкие прослойки кремнистых, кремнисто-глинистых, глинистых и углисто-серицитовых сланцев, кварцевых и карбонатных песчаников, алевролитов, мергелей и фосфатоносных пород. Мощность свиты до 2800 м (рис. 1в). Прямых соотношений с образованиями, интерпретируемыми как подстилающие (белетуйская свита), не обнаружено. Соотношение пачек внутри свиты дискуссионно. Однозначно датированы концом атдабанского века—началом ботомского века лишь слои со скелетной фауной в средней части свиты (Куриленко и др., 2002). По решению Межведомственного стратиграфического комитета свита в целом отвечает томмотскому—ботомскому векам (Озерский, Винниченко, 2015).

Отложения ерниченской толщи прослеживаются от бассейна р. Уров на юге до бассейна рек Шилка, Газимур и Будюмкан на севере (Козлов и др., 2010; Шивохин и др., 2010). Стратотип толщи находится на левобережье р. Аргунь в ее среднем течении, на водоразделе рек Поперечный Зерентуй и Гидаринский Зерентуй, в верховье пади Ерничная. Толща мощностью 1000 м представлена полимиктовыми и кварцевыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами с горизонтами гравелитов, кварцитов и доломитов (рис. 1в). Контакты с быстринской свитой в большинстве случаев осложнены тектоническими нарушениями. Толща не содержит ископаемых остатков, на геологической карте масштаба 1 : 1 000 000 ее возраст принят условно ранне-среднекембрийским (Шивохин и др., 2010).

Согласно существующим геодинамическим моделям, формирование венд-нижнепалеозойских осадочных комплексов Аргунского массива про-

исходило в пределах окраинно-континентального моря (Шивохин и др., 2010; Гордиенко и др., 2019).

В настоящей публикации приведены результаты петрографических и геохимических исследований фаунистически не охарактеризованных терригенных пород ерниченской толщи, отобранных в бассейне р. Уров (рис. 1б), а также результаты U–Pb датирования зерен детритового циркона из них. Эти исследования направлены на уточнение нижней возрастной границы накопления осадочных пород ерниченской толщи, реконструкцию палеогеодинамических обстановок их формирования и выявление основных источников сноса исходного материала.

### АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Содержания породообразующих элементов в породах определены рентгенофлуоресцентным методом в Институте геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск) на рентгеновском спектрометре Pioneer 4S. Концентрации микроэлементов определены методом ICP-MS на квадрупольном ICP масс-спектрометре NexION 300D в ЦКП “Изотопно-геохимических исследований” ИГХ СО РАН (г. Иркутск).

Выделение детритовых цирконов произведено в минералогической лаборатории Института геологии и природопользования ДВО РАН с применением тяжелых жидкостей. Непосредственно U–Pb датирование детритовых цирконов выполнено в ЦКП “Геоспектр” Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН (г. Улан-Удэ) на одноколлекторном магнитно-секторном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Element XR (Termo Scientific), оснащенном устройством лазерной абляции UP-213 (New Wave Research). Детально описание аналитических процедур приведено в публикации (Хубанов и др., 2016). Диаметр лазерного пучка составлял 30 мкм при плотности потока энергии ~4.5 Дж/см<sup>2</sup>. Масс-спектрометром измеряли сигналы следующих изотопов: в режиме счета “Counting” — <sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb, <sup>208</sup>Pb; в аналоговом режиме — <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U. Сигнал <sup>235</sup>U рассчитывали из сигнала <sup>238</sup>U, основываясь на постоянстве современного значения их отношения (<sup>238</sup>U/<sup>235</sup>U = 137.88). Съемку осуществляли в скоростном режиме электростатического сканирования (E-scan). В течение одного измерения проводили 800 сканирований. В качестве внешнего стандарта измеряли эталонные цирконы 91500 (1065 млн лет; Wiedenbeck et al., 1995), в качестве контрольного образца — эталоны Plešovice (337 млн лет; Sláma et al., 2008) и GJ-1 (608 млн лет; Jackson et al., 2004).

Обработку первичных сигналов и расчет изотопных отношений проводили с помощью про-

граммы Glitter (Griffin et al., 2008), конвертацию в excel-формат и расчет значений концентраций U, Th и U/Th – с помощью программы Gtail (автор М.Д. Буянтуев, ГИН СО РАН), построение графиков – с помощью excel-макроса Isoplot (Ludwig, 2008). Поправку на нерадиоогенный свинец не проводили. Относительные погрешности измерения изотопных отношений в контрольных образцах варьировали в пределах: 1.0–3.7% для  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , 0.7–1.3% для  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ . При этом значения средневзвешенных конкордантных возрастов цирконов Plešovice и GJ-1, определенных LA-ICP-MS методом (по 12 измерений каждого контрольного эталона), составили  $338 \pm 2$  и  $601 \pm 3$  млн лет соответственно. Для стандартов GJ-1 и Plešovice средневзвешенные значения возраста по отношениям  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  составляют  $630 \pm 23$ ,  $599 \pm 3$ ,  $605 \pm 4$  млн лет и  $366 \pm 24$ ,  $337 \pm 2$ ,  $340 \pm 3$  млн лет соответственно. Для анализа выбирали зерна циркона без микротрещин и включений.

Для построения кривых относительной вероятности возраста зерен детритового циркона использовали конкордантные оценки возрастов. Пики для кривой относительной вероятности возрастов зерен циркона рассчитывали с помощью программы AgePick (Gehrels, 2007).

## ОСНОВНЫЕ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД

Среди терригенных пород ерниченской толщи нами были изучены песчаники и алевролиты. Песчаники серого цвета, с псаммитовой мелкозернистой, реже мелко-среднезернистой структурой и массивной текстурой. Песчаники состоят из обломков кварца (30–45%), полевых шпатов (до 20%) и глинистых минералов (5–7%). Реже встречаются слюдястые, углеродисто-слюдясто-кварцевые и слюдясто-кварцевые сланцы (5–15%). Обломочный материал имеет угловатую и слабо-

окатанную форму. Цемент гидрослюдисто-кварцевый, контактово-порового типа. Акцессорные минералы: циркон, апатит, гранат, гидроокислы железа и рудные минералы.

Алевролиты зеленовато-серого и темно-серого цвета, с алевритовой структурой и массивной текстурой. Обломки угловатой и слабоокатанной формы, характеризуются плохой сортировкой. Среди них преобладают кварц (10–30%), полевые шпаты (до 10%) и глинистые минералы (до 15%). Кроме того, в них присутствует обломочный материал, представленный серицит-кварцевыми, углеродисто-слюдясто-кварцевыми и слюдястыми сланцами (до 5%), а также карбонатными породами (до 3%). Единичны обломки вулканических пород. Цемент гидрослюдисто-кварцевого состава, базального типа. Среди акцессорных минералов выявлены циркон, апатит, гранат, рудные минералы и гидроокислы железа.

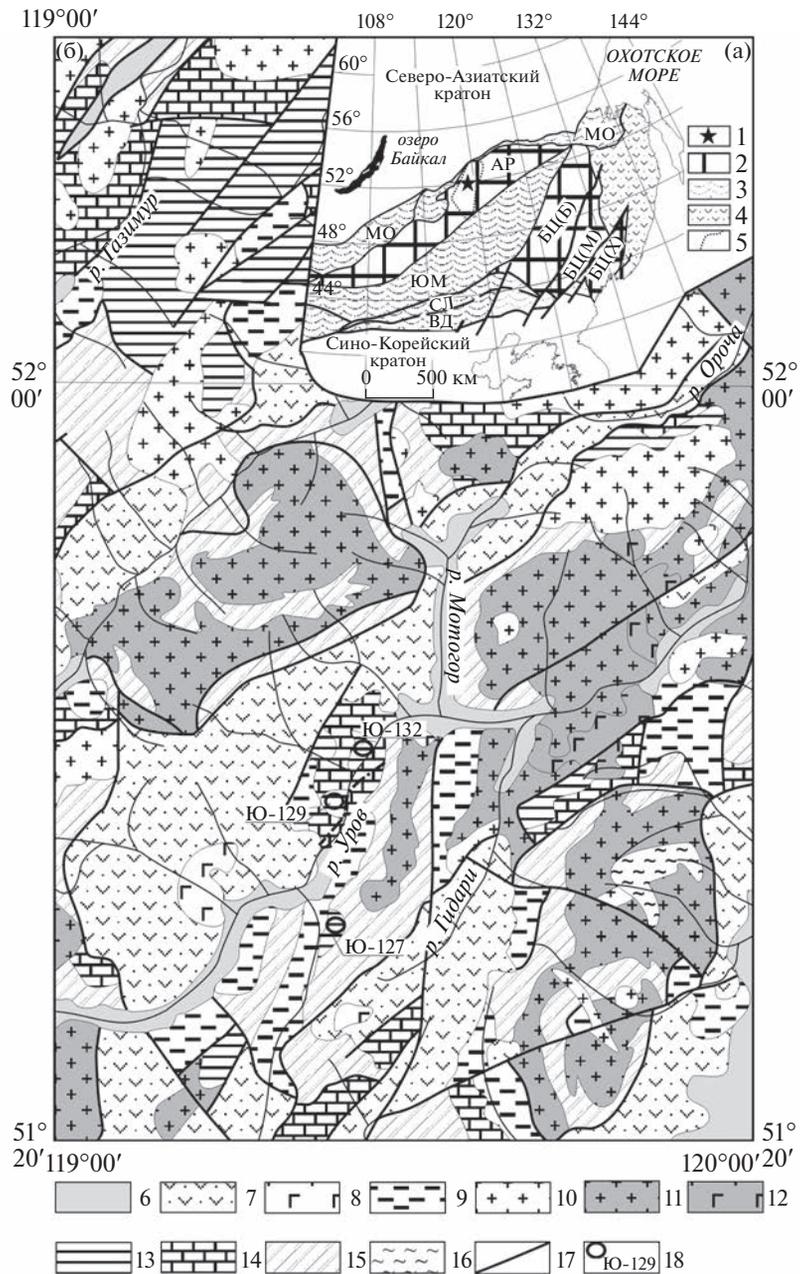
На классификационной диаграмме  $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$  (Herron, 1988) фигуративные точки состава алевролитов ерниченской толщи расположены, за исключением одного образца, в поле сланцев. Песчаники характеризуются наибольшей вариативностью значений соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  и соответствуют преимущественно аркозам и субаркозам (рис. 2а, табл. 1).

На диаграмме  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{TiO}_2) - \text{SiO}_2 - (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (Косовская, Тучкова, 1988) доминирующая часть точек состава алевролитов исследуемой толщи локализуется компактно в поле пород полимиктового состава (рис. 2б). Для песчаников характерны более высокие содержания  $\text{SiO}_2$ , которые типичны для пород кварцевого и олигомиктового состава.

По величине гидролизатного модуля ( $\text{GM} = (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO})/\text{SiO}_2$ ) (Юдович, Кетрис, 2000) песчаники ерниченской толщи соответствуют богатым кварцем породам – силитам ( $\text{GM} = 0.11 - 0.27$ ), а алевролиты близки к

**Рис. 1.** (а) Положение исследуемого объекта в структуре восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (тектоническая основа по (Парфенов и др., 2003)), (б) геологическая схема северо-западной части Аргунского континентального массива (по (Козлов и др., 2010; Шивохин и др., 2010), с изменениями авторов) и (в) сводная стратиграфическая колонка осадочных пород аргунской серии (по (Шивохин и др., 2010)).

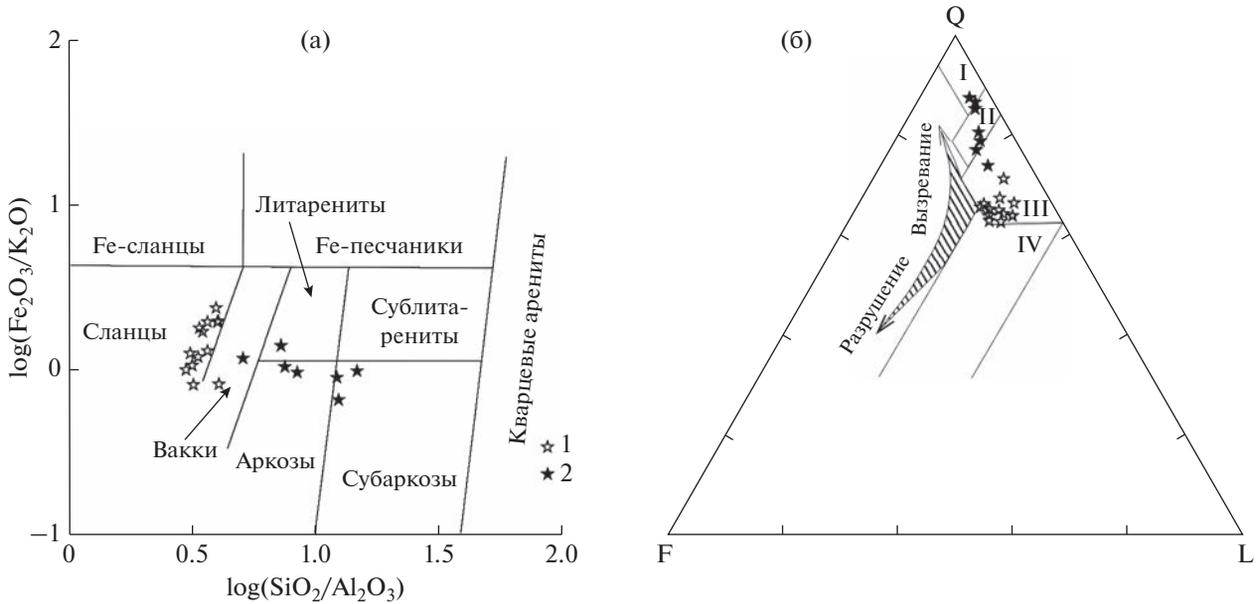
1 – положение объекта исследований; 2 – супертеррейны (континентальные массивы): АР – Аргунский, БЦ – Буря-Цзямусинский, в том числе террейны: Буреинский (БЦ(Б)), Малохинганский (БЦ(М)), Ханкайский (БЦ(Х)); 3 – палеозойские–раннемезозойские складчатые пояса (ЮМ – Южно-Монгольско-Хинганский, МО – Монголо-Охотский, СЛ – Солонкерский, ВД – Вундурмиао); 4 – позднейорско–раннемеловые орогенные пояса; 5 – граница Газимиро-Аргунской структурно-формационной зоны; 6 – кайнозойские рыхлые отложения; 7 – осадочные и вулканогенно-осадочные породы нижнемеловой тургинской свиты; 8 – вулканические породы раннемелового абагайтуйского комплекса; 9 – юрские осадочные и вулканогенно-осадочные породы; 10 – мезозойские гранитоиды; 11 – пермские и пермско-раннетриасовые граниты, граптодиориты, монцодиориты и граносиениты; 12 – габбро, габбро-диориты, диориты и монцодиориты раннепермского ундинского комплекса; 13, 14 – нижнепалеозойские осадочные породы аргунской серии: 13 – ерниченской толщи, 14 – быстринской свиты; 15 – условно вендские метаосадочные породы белётуйской свиты быркинской серии; 16 – раннепротерозойские метаморфические образования ишагинского комплекса; 17 – разломы; 18 – места отбора образцов для геохимических исследований и их номера; 19 – известняки; 20 – доломиты; 21 – алевролиты; 22 – песчаники; 23 – гравелиты; 24 – место отбора образца для U–Pb датирования зерен детритового циркона и его номер.



(в)

Эонотема	Эратема	Система	Отдел	Ярус	Литологическая колонка	Мощность, м	Характеристика подразделений
Фанерозой	Палеозой	Кембрийская	Средний	Амгинский	Ю-129	1000	Ерниченская толща
				Гойонский			
			Нижний	Ботомский		2800	Быстринская свита
				Атлабанский			
			Томмотский				





**Рис. 2.** Диаграммы (а)  $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ – $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$  (Herron, 1988), (б) F–Q–L (Коссовская, Тучкова, 1988) для терригенных пород ерниченской толщи аргунской серии Аргунского континентального массива. 1 – алевролиты, 2 – песчаники, отобранные в бассейне р. Уров. Сокращения на рис. 2б: F =  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{TiO}_2$ , Q =  $\text{SiO}_2$ , L =  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ . Поля песчаников: I – кварцевых, II – олигомиктовых, III – полимиктовых, IV – вулканокластитовых.

сиаллитам ( $\text{GM} = 0.32\text{--}0.46$ ) (табл. 1). Значения фемического модуля ( $\text{ФМ} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ ) в песчаниках ерниченской толщи ниже ( $0.03\text{--}0.09$ ), чем в алевролитах ( $0.07\text{--}0.18$ ). Такие вариации GM и ФМ, вероятно, связаны с уменьшением в составе алевролитов обломков кварцевого состава и с возрастанием содержания глинистого материала.

По величине модуля общей нормативной щелочности или “полевошпатового индикатора” ( $\text{НКМ} = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) алевролиты рассматриваемой толщи соответствуют нормально-щелочным породам ( $\text{НКМ} = 0.28\text{--}0.30$ ). В песчаниках, в связи с возрастанием в их составе количества обломков полевых шпатов, отмечаются более высокие значения НКМ (до 0.57), характерные для повышено-щелочных пород.

В терригенных породах ерниченской толщи суммарные концентрации лантаноидов изменяются в широком диапазоне от 127 до 236 мкг/г (табл. 2). В них отмечается четко проявленная отрицательная европиевая аномалия ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.60\text{--}0.67$ ). Породы различаются лишь по характеру распределения редкоземельных элементов (рис. 3а). Так, для алевролитов характерны более пологие спектры лантаноидов ( $[\text{La}/\text{Yb}]_n = 2.63\text{--}5.35$ ), по сравнению с таковыми в песчаниках ( $[\text{La}/\text{Yb}]_n = 6.35\text{--}12.45$ ).

Как следует из табл. 2 и рис. 3б, алевролиты ерниченской толщи характеризуются близкоровы-

ми содержаниями большинства элементов-примесей, при незначительном обогащении Co, V, Ni, Sr. В песчаниках концентрации микроэлементов близки к таковым в верхней континентальной коре. Отчетливый дефицит в песчаниках и алевролитах типичен лишь для Sr (рис. 3б).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ U–Pb ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ

Из песчаника ерниченской толщи (обр. Ю-129) было выделено 120 зерен детритового циркона. Для 87 зерен получены конкордантные оценки возраста. Большинство зерен циркона (66 зерен) характеризуется неопротерозойскими значениями возраста (549–960 млн лет) с пиками на кривой относительной вероятности возрастов циркона на 566, 732, 791, 867 и 942 млн лет (рис. 4). Наиболее молодые зерна циркона (7 зерен) характеризуются эдиакарским возрастом (549–570 млн лет). Значимая группа циркона (59 зерен) имеет значения возрастов от 636 до 960 млн лет. Мезопротерозойские (1049–1479 млн лет) и палеопротерозойские (1686–2347 млн лет) значения возрастов типичны для 5 и 15 зерен циркона соответственно, с пиками на кривой относительной вероятности возрастов зерен циркона 1767, 1835 и 1889 млн лет. Нео- и мезопротерозойские цирконы дипирамидально-призматической формы. Для палеопротерозойских зерен циркона характерны как дипирамидальные, так и окатанные формы. Наиболее древ-

**Таблица 1.** Содержание основных петрогенных компонентов и значения петрохимических модулей в терригенных породах ерниченской толщи аргунской серии Аргунского континентального массива

Компоненты, модули	Песчаники						Алевриты					
	Ю-129	Ю-129-1	Ю-129-2	Ю-129-3	Ю-129-4	Ю-129-5	Ю-132-4	Ю-132-1	Ю-132-2	Ю-132-3		
SiO <sub>2</sub>	74.78	77.36	84.26	78.77	85.22	86.08	71.15	62.05	60.71	61.48		
TiO <sub>2</sub>	0.86	0.89	0.28	0.86	0.60	0.44	0.78	1.02	0.96	0.96		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.41	10.39	6.95	9.42	6.92	5.88	14.14	18.77	19.78	19.66		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.99	4.46	3.08	3.94	2.10	2.79	4.31	5.93	6.62	5.55		
MnO	0.04	0.09	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02		
MgO	0.61	0.60	0.41	0.60	0.37	0.38	1.90	2.43	2.41	2.48		
CaO	0.03	0.02	0.07	0.07	0.07	0.07	0.23	0.19	0.29	0.18		
Na <sub>2</sub> O	0.18	0.17	0.49	0.10	0.07	0.07	0.18	0.20	0.17	0.20		
K <sub>2</sub> O	4.30	4.30	3.45	4.10	3.21	2.85	3.69	4.98	5.29	5.25		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.10	0.06	0.08	0.06	0.07	0.12	0.16	0.14	0.20		
П.п.п.	2.26	2.04	1.25	1.83	1.20	1.19	3.11	3.97	4.08	4.02		
Сумма	99.54	100.42	100.32	99.78	99.83	99.85	99.64	99.72	100.48	100.00		
ГМ	0.23	0.20	0.12	0.18	0.11	0.11	0.27	0.42	0.45	0.43		
ФМ	0.09	0.07	0.04	0.06	0.03	0.04	0.09	0.14	0.15	0.13		
НКМ	0.43	0.43	0.57	0.45	0.47	0.50	0.27	0.28	0.28	0.28		

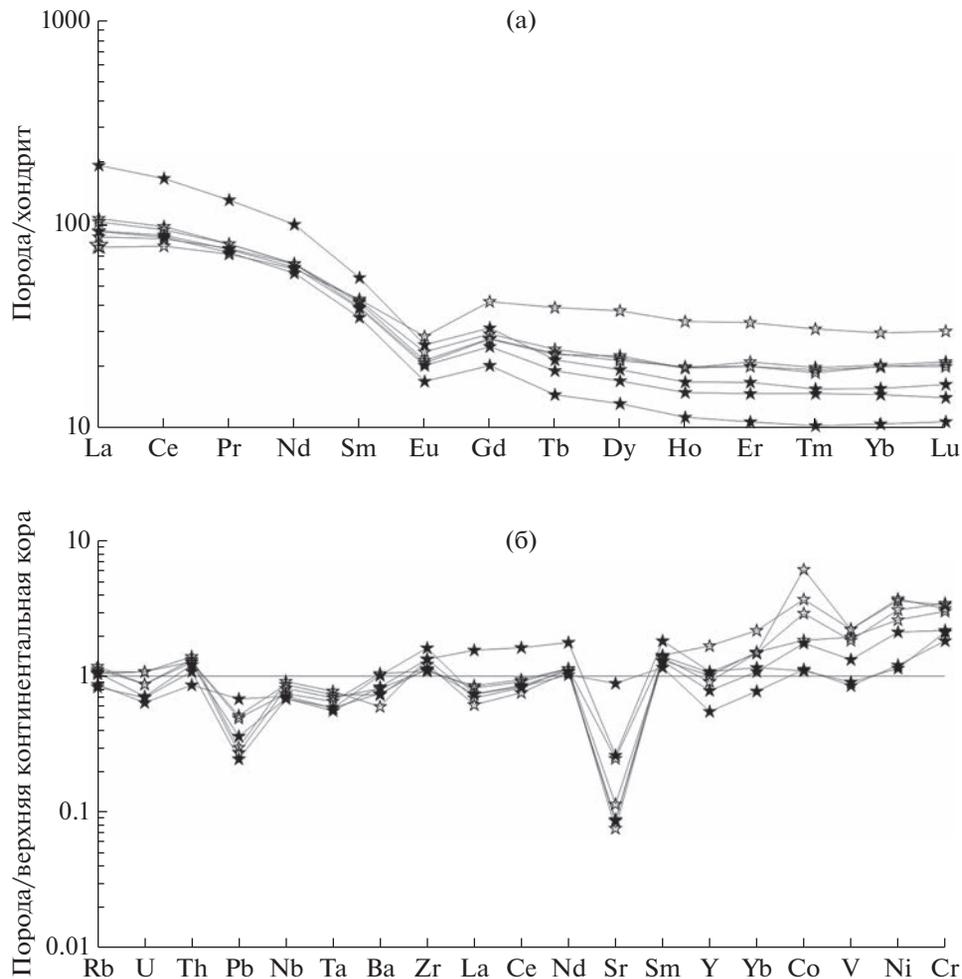
  

Компоненты, модули	Алевриты									
	Ю-132-5	Ю-132-6	Ю-132-7	Ю-132-8	Ю-127	Ю-127-1	Ю-127-2	Ю-127-3	Ю-127-4	Ю-127-5
SiO <sub>2</sub>	62.94	59.88	61.43	63.13	61.98	69.30	65.47	63.33	64.37	63.38
TiO <sub>2</sub>	0.90	0.94	0.94	0.92	1.11	1.12	1.10	1.04	1.08	0.97
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.75	17.91	17.82	15.94	20.99	17.20	18.14	17.54	20.34	16.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	8.55	8.74	8.28	8.50	5.91	3.94	6.46	9.38	4.51	10.69
MnO	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
MgO	1.74	2.23	2.13	1.83	0.78	0.64	0.66	0.62	0.71	0.60
CaO	0.66	0.37	0.13	0.58	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
Na <sub>2</sub> O	0.18	0.20	0.19	0.19	0.36	0.25	0.33	0.26	0.35	0.23
K <sub>2</sub> O	4.39	4.94	4.92	4.42	5.94	4.83	4.98	4.87	5.59	4.56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.13	0.13	0.13	0.08	0.08	0.11	0.14	0.07	0.10
П.п.п.	3.92	3.83	3.59	3.81	3.20	2.51	2.99	3.41	2.96	2.85
Сумма	99.20	99.19	99.58	99.48	100.41	99.94	100.3	100.65	100.03	99.66
ГМ	0.40	0.46	0.44	0.40	0.45	0.32	0.39	0.44	0.40	0.44
ФМ	0.16	0.18	0.17	0.16	0.11	0.07	0.11	0.16	0.08	0.18
НКМ	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.30

Примечание. Оксиды приведены в мас. %. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* – общее железо в форме Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Сокращения по (Юдович, Кетрис, 2000): ГМ = (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO + MnO)/SiO<sub>2</sub>; ФМ = (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO + MnO + MgO)/SiO<sub>2</sub>; НКМ = (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Таблица 2.** Микроэлементный состав (мкг/г) терригенных пород ерниченской толщи аргунской серии Аргунского континентального массива

Компоненты	Алевролиты				Песчаники		
	Ю-132-1	Ю-132-3	Ю-132-7	Ю-132-8	Ю-129	Ю-129-1	Ю-132-4
Rb	120	116	132	125	118	96	93
Sr	26	30	40	86	91	308	31
Ba	326	400	444	571	456	555	408
La	20.64	18.37	24.45	25.40	46.36	21.93	22.09
Ce	52.29	48.09	57.89	59.96	103.23	53.21	54.41
Pr	7.09	6.65	7.46	7.46	12.26	6.77	7.02
Nd	29.25	27.75	29.36	29.39	45.80	26.45	28.23
Sm	6.13	6.37	5.85	6.26	8.13	5.19	5.75
Eu	1.22	1.59	1.18	1.34	1.45	0.96	1.15
Gd	5.50	8.34	5.46	5.79	6.19	4.05	5.02
Tb	0.84	1.42	0.83	0.88	0.78	0.53	0.69
Dy	5.29	9.30	5.59	5.44	4.78	3.26	4.21
Ho	1.10	1.83	1.08	1.08	0.92	0.62	0.82
Er	3.23	5.29	3.40	3.23	2.69	1.72	2.37
Tm	0.46	0.76	0.49	0.48	0.39	0.26	0.37
Yb	3.25	4.74	3.30	3.22	2.53	1.69	2.36
Lu	0.50	0.74	0.52	0.51	0.40	0.26	0.35
Y	20	36	22	23	24	12	17
Th	14.81	13.58	14.10	13.46	12.90	9.16	11.52
U	2.99	3.01	2.43	2.43	1.97	1.78	1.94
Zr	253	231	210	206	252	305	214
Hf	7.73	6.79	7.30	6.96	7.90	9.21	5.41
Nb	23	22	20	18	17	18	17
Ta	1.69	1.59	1.52	1.43	1.22	1.28	1.28
Zn	90	75	71	74	45	46	62
Co	61	36	18	29	11	11	17
Ni	72	74	52	61	23	24	42
Sc	19	21	19	21	6	10	15
V	132	132	116	109	54	51	79
Cr	116	109	104	120	73	63	76
Pb	6	10	5	10	7	14	5
Eu/Eu*	0.62	0.67	0.63	0.66	0.60	0.61	0.64
[La/Yb] <sub>n</sub>	4.32	2.63	5.04	5.35	12.45	8.80	6.35
ΣREE	137	141	147	150	236	127	135



**Рис. 3.** График распределения лантаноидов (а) и спайдер-диаграмма (б) для терригенных пород ерниченской толщи аргунской серии Аргунского континентального массива. Условные обозначения см. на рис. 2. Состав хондрита по (McDonough, Sun, 1995). Состав верхней континентальной коры по (Тейлор, МакЛеннан, 1988).

нее зерно циркона имеет неорхейский конкордантный возраст ( $2652 \pm 16$  млн лет), а наиболее молодое зерно циркона — эдиакарский возраст ( $549 \pm 8$  млн лет).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Прежде всего рассмотрим результаты геохимических исследований терригенных пород ерниченской толщи, несущие в себе важную информацию о палеогеодинамических обстановках осадконакопления и составе исходных (материнских) пород.

Положение фигуративных точек состава пород ерниченской толщи на диаграмме Zr/Sc—Th/Sc (рис. 5а) вдоль линии тренда, определяемого исходным составом пород в областях размыва, свидетельствует о том, что рассматриваемые отложения являются породами “first cycle” с преобладанием в их составе петрогенных обломков. В этой

связи проведение анализа макро- и микроэлементного состава пород для определения источников сноса кластического материала и реконструкции палеогеодинамической обстановки формирования является информативным.

Положение фигуративных точек состава терригенных пород ерниченской толщи на диаграмме La/Sc—Th/Co (рис. 5б) позволяет нам предполагать, что в области сноса доминировали породы кислого состава. На диаграммах Rb—K (рис. 5в) и Th—La—Sc (рис. 5г) точки состава терригенных пород исследуемой толщи локализируются в полях значений, характерных для осадочных пород, сформированных за счет пород не только кислого, но и среднего состава. Данный вывод также подтверждается особенностями распределения редкоземельных элементов в изученных породах (см. выше).

Для реконструкции палеогеодинамической обстановки накопления терригенных пород ерни-

Таблица 3. U–Pb (LA-ICP-MS) данные для цирконов из песчаника ерниченской толщи (обр. Ю-129) аргунской серии Аргунского континентального массива

Номер анализа	Th, мкг/г	U, мкг/г	U/Th	Изотопные отношения						Возраст, млн лет						D				
				$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	Rho	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	CA	$\pm 2\sigma$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ю-129/001	130	116	0.9	8.5664	0.0014	5.4951	0.0524	0.3416	0.0025	0.77	1908	21	1900	8	1894	12	1900	16	-0.7	**
Ю-129/002	156	953	6.1	9.3078	0.0012	4.3270	0.0365	0.2922	0.0021	0.84	1758	20	1698	7	1653	10	DISCORDANT	10	-6.0	**
Ю-129/004	288	709	2.5	14.5317	0.0008	1.3531	0.0125	0.1427	0.0010	0.78	895	24	869	5	860	6	865	16	-3.9	**
Ю-129/005	61	100	1.6	5.5517	0.0021	12.6070	0.1139	0.5078	0.0037	0.81	2656	19	2651	8	2647	16	2652	16	-0.3	**
Ю-129/006	143	321	2.2	9.4666	0.0012	4.0183	0.0367	0.2760	0.0020	0.79	1727	21	1638	7	1571	10	DISCORDANT	16	-9.0	**
Ю-129/007	159	321	2.0	13.1547	0.0009	1.5298	0.0152	0.1460	0.0011	0.73	1097	24	942	6	879	6	DISCORDANT	16	-19.9	**
Ю-129/008	152	477	3.1	14.8029	0.0008	1.3265	0.0130	0.1425	0.0010	0.74	857	25	857	6	859	6	858	11	0.2	**
Ю-129/009	66	104	1.6	15.4408	0.0011	1.0590	0.0156	0.1187	0.0009	0.53	768	35	733	8	723	5	724	10	-5.8	**
Ю-129/010	147	186	1.3	16.7483	0.0009	0.7603	0.0104	0.0924	0.0007	0.56	594	34	574	6	570	4	570	8	-4.0	**
Ю-129/011	241	300	1.2	16.7154	0.0009	0.7563	0.0092	0.0917	0.0007	0.62	599	30	572	5	566	4	567	8	-5.5	**
Ю-129/012	689	841	1.2	8.5401	0.0014	4.4537	0.0404	0.2760	0.0020	0.80	1914	20	1722	8	1571	10	DISCORDANT	16	-17.9	**
Ю-129/013	32	232	7.3	9.1309	0.0013	4.7228	0.0453	0.3129	0.0023	0.77	1793	22	1771	8	1755	11	1772	16	-2.1	**
Ю-129/014	512	550	1.1	15.7929	0.0008	1.0557	0.0110	0.1210	0.0009	0.70	720	27	732	6	736	5	734	10	2.2	**
Ю-129/015	208	617	3.0	15.3049	0.0008	1.1771	0.0121	0.1307	0.0010	0.71	787	26	790	6	792	6	791	11	0.6	**
Ю-129/016	179	274	1.5	17.0024	0.0009	0.7325	0.0095	0.0904	0.0007	0.59	562	32	558	6	558	4	558	8	-0.7	**
Ю-129/017	62	212	3.4	15.0422	0.0010	1.1809	0.0146	0.1289	0.0010	0.62	823	30	792	7	782	6	784	11	-5.0	**
Ю-129/018	85	220	2.6	7.7130	0.0016	6.5666	0.0646	0.3675	0.0027	0.76	2094	21	2055	9	2018	13	DISCORDANT	11	-3.6	**
Ю-129/019	109	131	1.2	15.1327	0.0011	1.1018	0.0165	0.1210	0.0010	0.54	810	34	754	8	736	6	739	11	-9.1	**
Ю-129/020	169	131	0.8	14.7350	0.0011	1.2092	0.0171	0.1293	0.0010	0.56	866	33	805	8	784	6	787	11	-9.5	**
Ю-129/021	51	203	4.0	15.1675	0.0010	1.1861	0.0166	0.1305	0.0010	0.57	805	33	794	8	791	6	791	11	-1.7	**
Ю-129/023	117	130	1.1	15.3216	0.0011	1.1771	0.0175	0.1309	0.0011	0.55	784	34	790	8	793	6	792	12	1.1	**
Ю-129/025	103	325	3.2	14.8111	0.0010	1.3389	0.0162	0.1439	0.0011	0.64	855	29	863	7	867	6	865	12	1.4	**
Ю-129/026	153	806	5.3	11.9217	0.0011	2.5805	0.0281	0.2232	0.0017	0.70	1291	25	1295	8	1299	9	1296	15	0.6	**
Ю-129/027	94	396	4.2	15.0009	0.0009	1.1988	0.0147	0.1305	0.0010	0.63	828	29	800	7	791	6	793	11	-4.5	**
Ю-129/028	86	258	3.0	14.2931	0.0011	1.4442	0.0198	0.1498	0.0012	0.58	928	31	908	8	900	7	902	13	-3.0	**
Ю-129/029	226	410	1.8	16.0682	0.0009	0.8869	0.0115	0.1034	0.0008	0.60	683	31	645	6	634	5	636	9	-7.2	**
Ю-129/030	114	194	1.7	8.7712	0.0016	5.1288	0.0600	0.3264	0.0026	0.67	1865	24	1841	10	1821	12	1837	20	-2.4	**
Ю-129/031	257	559	2.2	15.1927	0.0010	1.1815	0.0150	0.1303	0.0010	0.62	802	30	792	7	789	6	790	11	-1.6	**
Ю-129/032	285	566	2.0	16.5049	0.0010	0.7686	0.0112	0.0921	0.0008	0.56	626	35	579	6	568	4	570	9	-9.3	**

Таблица 3. Продолжение

Номер анализа	Th, мкг/г	U, мкг/г	U/Th	Изотопные отношения						Возраст, млн лет						D	**			
				$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	Rho	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$			$\pm 1\sigma$	CA	$\pm 2\sigma$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ю-129/033	198	604	3.1	13.9548	0.0010	1.5396	0.0192	0.1559	0.0012	0.63	977	29	946	8	934	7	938	13	-4.4	**
Ю-129/034	76	144	1.9	15.2426	0.0011	1.1964	0.0188	0.1323	0.0011	0.53	795	36	799	9	801	6	801	12	0.8	**
Ю-129/035	98	664	6.8	15.1411	0.0010	1.2016	0.0154	0.1320	0.0011	0.62	809	30	801	7	799	6	800	12	-1.2	**
Ю-129/036	114	228	2.0	10.5619	0.0014	3.3342	0.0432	0.2555	0.0021	0.62	1522	27	1489	10	1467	10	1479	19	-3.6	**
Ю-129/037	106	937	8.8	15.2539	0.0010	1.1799	0.0153	0.1306	0.0010	0.61	793	30	791	7	791	6	791	11	-0.2	**
Ю-129/038	214	290	1.4	9.2168	0.0016	4.6356	0.0596	0.3100	0.0025	0.62	1775	26	1756	11	1741	12	1751	21	-1.9	**
Ю-129/039	59	270	4.6	15.6637	0.0011	1.1492	0.0183	0.1306	0.0011	0.53	737	36	777	9	791	6	788	12	7.3	**
Ю-129/040	76	164	2.2	5.2874	0.0028	11.9273	0.1583	0.4576	0.0038	0.62	2735	24	2599	12	2429	17	DISCORDANT		-11.2	**
Ю-129/041	249	378	1.5	15.5611	0.0011	1.1583	0.0178	0.1308	0.0011	0.54	751	35	781	8	792	6	790	12	5.4	**
Ю-129/042	322	413	1.3	16.7083	0.0010	0.7323	0.0113	0.0888	0.0007	0.54	599	36	558	7	548	4	549	8	-8.5	**
Ю-129/043	58	91	1.6	9.2585	0.0018	4.6778	0.0700	0.3143	0.0027	0.57	1767	30	1763	12	1762	13	1763	23	-0.3	**
Ю-129/044	278	351	1.3	8.8722	0.0017	5.0143	0.0701	0.3228	0.0027	0.59	1844	28	1822	12	1803	13	1815	22	-2.2	**
Ю-129/045	88	102	1.2	14.0970	0.0014	1.4192	0.0255	0.1452	0.0013	0.49	956	39	897	11	874	7	878	14	-8.6	**
Ю-129/046	119	160	1.3	15.1370	0.0012	1.2364	0.0210	0.1358	0.0012	0.51	809	38	817	10	821	7	820	13	1.5	**
Ю-129/047	70	474	6.8	14.9609	0.0011	1.2453	0.0189	0.1352	0.0011	0.56	834	34	821	8	817	6	818	12	-2.0	**
Ю-129/048	149	260	1.8	14.8974	0.0012	1.1910	0.0199	0.1287	0.0011	0.52	843	37	796	9	781	6	783	12	-7.4	**
Ю-129/049	214	450	2.1	11.4018	0.0015	2.9010	0.0442	0.2400	0.0020	0.56	1377	31	1382	12	1387	11	1385	19	0.7	**
Ю-129/050	86	302	3.5	14.6801	0.0012	1.2778	0.0214	0.1361	0.0012	0.52	873	37	836	10	823	7	825	13	-5.7	**
Ю-129/051	17	70	4.2	14.1664	0.0016	1.5403	0.0342	0.1583	0.0016	0.44	946	47	947	14	948	9	947	17	0.2	**
Ю-129/052	108	185	1.7	15.6384	0.0013	1.0504	0.0198	0.1192	0.0011	0.48	741	42	729	10	726	6	726	12	-2.0	**
Ю-129/053	172	194	1.1	14.9336	0.0013	1.2637	0.0233	0.1369	0.0012	0.49	838	40	830	10	827	7	827	13	-1.3	**
Ю-129/056	140	105	0.8	8.6345	0.0021	5.3860	0.0938	0.3374	0.0031	0.52	1893	33	1883	15	1874	15	1878	26	-1.0	**
Ю-129/057	637	507	0.8	17.2938	0.0011	0.7347	0.0135	0.0922	0.0008	0.49	524	42	559	8	568	5	568	9	8.4	**
Ю-129/058	62	181	2.9	13.7058	0.0016	1.6112	0.0326	0.1602	0.0015	0.47	1014	42	975	13	958	8	960	16	-5.5	**
Ю-129/059	155	109	0.7	9.2629	0.0021	4.1351	0.0770	0.2779	0.0026	0.50	1766	35	1661	15	1581	13	DISCORDANT		-10.5	**
Ю-129/060	112	236	2.1	14.6655	0.0014	1.2072	0.0233	0.1285	0.0012	0.48	875	41	804	11	779	7	782	14	-11.0	**
Ю-129/062	101	109	1.1	14.3037	0.0017	1.3286	0.0308	0.1379	0.0014	0.43	927	49	858	13	833	8	835	16	-10.1	**
Ю-129/063	120	100	0.8	6.6042	0.0030	9.1384	0.1726	0.4379	0.0041	0.49	2363	33	2352	17	2341	18	2347	31	-0.9	**
Ю-129/064	73	150	2.0	15.1039	0.0015	1.2471	0.0262	0.1367	0.0013	0.46	814	45	822	12	826	7	825	15	1.5	**
Ю-129/065	360	950	2.6	16.2409	0.0013	0.7412	0.0151	0.0874	0.0008	0.46	660	45	563	9	540	5	541	10	-18.2	**

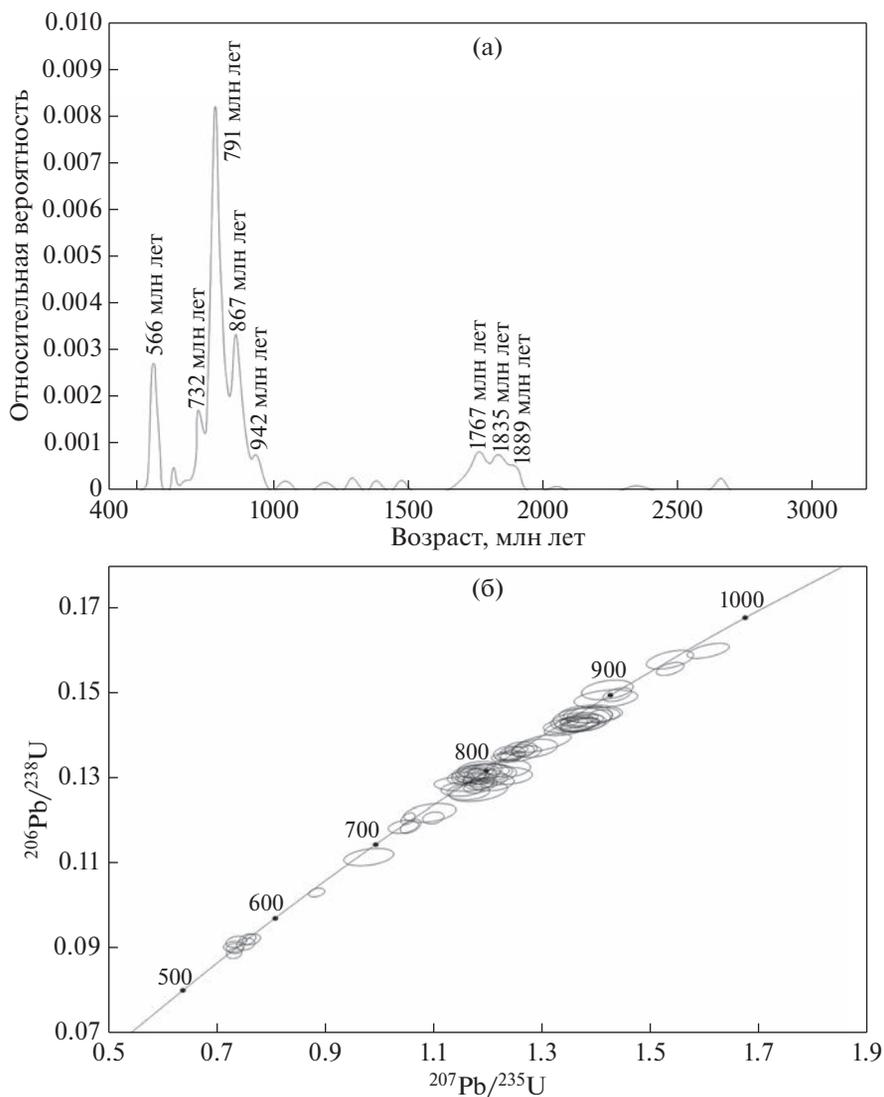
Таблица 3. Продолжение

Номер анализа	Th, мкг/г	U, мкг/г	U/Th	Изотопные отношения						Возраст, млн лет						D	**			
				$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	Rho	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$			$\pm 1\sigma$	CA	$\pm 2\sigma$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ю-129/066	281	153	0.5	14.5055	0.0016	1.3755	0.0309	0.1448	0.0014	0.44	898	47	878	13	872	8	872	16	-2.9	**
Ю-129/067	252	334	1.3	14.3823	0.0015	1.3806	0.0285	0.1441	0.0014	0.46	916	44	881	12	868	8	870	15	-5.2	**
Ю-129/068	1132	1002	0.9	9.4266	0.0022	3.0721	0.0610	0.2101	0.0020	0.47	1734	37	1426	15	1230	11	DISCORDANT		-29.1	**
Ю-129/069	167	185	1.1	15.0289	0.0016	1.2074	0.0280	0.1317	0.0013	0.43	824	49	804	13	797	8	798	15	-3.3	**
Ю-129/070	54	254	4.7	15.5203	0.0015	1.1713	0.0256	0.1319	0.0013	0.45	757	47	787	12	799	7	797	15	5.5	**
Ю-129/071	140	186	1.3	14.3541	0.0017	1.3907	0.0327	0.1448	0.0015	0.43	920	49	885	14	872	8	873	17	-5.2	**
Ю-129/072	67	626	9.3	15.2962	0.0015	1.1620	0.0257	0.1290	0.0013	0.45	788	47	783	12	782	7	782	15	-0.8	**
Ю-129/073	360	456	1.3	9.5019	0.0024	4.0287	0.0873	0.2778	0.0027	0.46	1719	40	1640	18	1580	14	DISCORDANT		-8.1	**
Ю-129/074	44	474	10.8	14.9272	0.0016	1.2575	0.0282	0.1362	0.0014	0.44	838	47	827	13	823	8	824	16	-1.8	**
Ю-129/075	68	190	2.8	9.2813	0.0026	4.5055	0.1038	0.3034	0.0031	0.45	1762	43	1732	19	1708	16	1715	29	-3.1	**
Ю-129/076	262	983	3.8	14.7916	0.0016	1.0980	0.0249	0.1178	0.0012	0.44	858	48	752	12	718	7	721	14	-16.3	**
Ю-129/077	502	587	1.2	15.3457	0.0016	1.1779	0.0273	0.1312	0.0013	0.44	781	49	790	13	794	8	794	15	1.7	**
Ю-129/079	781	706	0.9	16.1231	0.0015	0.7029	0.0168	0.0822	0.0009	0.43	676	52	540	10	509	5	DISCORDANT		-24.7	**
Ю-129/080	57	85	1.5	14.9509	0.0019	1.1682	0.0318	0.1267	0.0014	0.40	835	57	786	15	769	8	770	16	-7.9	**
Ю-129/081	237	689	2.9	17.0271	0.0015	0.7366	0.0184	0.0910	0.0010	0.42	558	55	560	11	562	6	561	12	0.7	**
Ю-129/082	84	305	3.6	12.9598	0.0020	1.8716	0.0469	0.1760	0.0019	0.42	1126	50	1071	17	1045	10	1049	20	-7.2	**
Ю-129/083	210	212	1.0	14.5264	0.0018	1.3800	0.0359	0.1455	0.0016	0.41	895	54	880	15	876	9	876	18	-2.1	**
Ю-129/084	92	134	1.5	14.5381	0.0019	1.3507	0.0366	0.1425	0.0016	0.41	893	56	868	16	859	9	860	18	-3.8	**
Ю-129/085	102	122	1.2	16.1702	0.0019	0.7631	0.0225	0.0895	0.0010	0.39	670	63	576	13	553	6	553	12	-17.5	**
Ю-129/086	122	459	3.8	14.5033	0.0018	1.3758	0.0359	0.1448	0.0016	0.42	898	54	879	15	872	9	873	18	-2.9	**
Ю-129/088	82	136	1.6	9.6635	0.0029	4.2615	0.1160	0.2988	0.0034	0.42	1688	50	1686	22	1685	17	1686	32	-0.2	**
Ю-129/089	281	639	2.3	15.5585	0.0018	1.1420	0.0305	0.1289	0.0014	0.41	752	57	773	14	782	8	781	16	4.0	**
Ю-129/090	99	93	0.9	15.0634	0.0021	1.2007	0.0368	0.1312	0.0016	0.39	820	64	801	17	795	9	795	18	-3.0	**
Ю-129/091	58	281	4.9	14.7028	0.0020	1.2869	0.0368	0.1373	0.0016	0.40	870	60	840	16	829	9	830	18	-4.7	**
Ю-129/092	87	714	8.2	14.5930	0.0020	1.4269	0.0401	0.1511	0.0017	0.40	886	58	900	17	907	10	906	19	2.4	**
Ю-129/093	229	524	2.3	15.3073	0.0019	1.1861	0.0338	0.1317	0.0015	0.40	786	60	794	16	798	9	797	17	1.5	**
Ю-129/094	70	119	1.7	14.7554	0.0022	1.2043	0.0372	0.1289	0.0015	0.39	863	64	803	17	782	9	783	17	-9.4	**
Ю-129/095	125	105	0.8	14.4100	0.0022	1.3768	0.0431	0.1440	0.0017	0.39	912	65	879	18	867	10	868	19	-4.9	**

Таблица 3. Окончание

Номер анализа	Th, мкг/г	U, мкг/г	U/Th	Изотопные отношения						Возраст, млн лет						D				
				$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	Rho	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$\pm 1\sigma$	CA	$\pm 2\sigma$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ю-129/096	31	304	9.7	14.8841	0.0021	1.2168	0.0369	0.1314	0.0016	0.39	845	63	808	17	796	9	797	18	-5.8	**
Ю-129/098	400	863	2.2	16.4451	0.0019	0.6857	0.0209	0.0818	0.0010	0.39	634	66	530	13	507	6	508	12	-20.0	**
Ю-129/099	197	248	1.3	8.7742	0.0035	5.2054	0.1555	0.3314	0.0039	0.40	1865	54	1854	25	1845	19	1847	35	-1.1	**
Ю-129/100	174	130	0.8	12.2244	0.0026	2.2881	0.0702	0.2030	0.0024	0.39	1242	60	1209	22	1191	13	1194	25	-4.1	**
Ю-129/102	60	180	3.0	9.2349	0.0035	4.7056	0.1487	0.3153	0.0039	0.39	1772	58	1768	26	1767	19	1767	36	-0.3	**
Ю-129/103	240	358	1.5	8.8115	0.0037	5.1909	0.1639	0.3319	0.0041	0.39	1857	58	1851	27	1848	20	1849	37	-0.5	**
Ю-129/104	92	146	1.6	8.6461	0.0038	5.2554	0.1695	0.3297	0.0041	0.39	1891	58	1862	28	1837	20	1843	38	-2.8	**
Ю-129/105	337	864	2.6	7.4100	0.0045	6.2913	0.2015	0.3383	0.0042	0.39	2164	56	2017	28	1878	20	DISCORDANT		-13.2	**
Ю-129/107	147	185	1.3	14.4804	0.0024	1.4203	0.0480	0.1492	0.0019	0.38	902	70	898	20	897	11	897	21	-0.6	**
Ю-129/108	1058	1233	1.2	9.2848	0.0037	3.9705	0.1316	0.2675	0.0034	0.38	1762	61	1628	27	1528	17	DISCORDANT		-13.3	**
Ю-129/109	90	231	2.6	15.1316	0.0024	1.1669	0.0404	0.1281	0.0017	0.37	810	73	785	19	777	10	778	19	-4.1	**
Ю-129/110	58	259	4.4	14.8347	0.0024	1.2285	0.0426	0.1322	0.0017	0.38	852	73	814	19	801	10	801	19	-6.0	**
Ю-129/111	291	459	1.6	15.3440	0.0024	1.0944	0.0386	0.1219	0.0016	0.37	781	75	751	19	741	9	742	18	-5.1	**
Ю-129/112	73	96	1.3	15.6782	0.0026	0.9824	0.0380	0.1118	0.0016	0.36	736	82	695	20	683	9	684	18	-7.2	**
Ю-129/113	82	167	2.0	14.6541	0.0026	1.2271	0.0453	0.1305	0.0018	0.37	877	77	813	21	791	10	792	20	-9.8	**
Ю-129/114	30	90	3.0	7.8640	0.0048	6.5541	0.2363	0.3740	0.0051	0.38	2060	64	2053	32	2048	24	2050	44	-0.6	**
Ю-129/116	340	1027	3.0	16.3330	0.0023	0.6831	0.0249	0.0810	0.0011	0.37	648	79	529	15	502	6	503	13	-22.5	**
Ю-129/117	104	526	5.0	12.8052	0.0030	1.6925	0.0620	0.1573	0.0021	0.37	1150	74	1006	23	942	12	945	23	-18.1	**
Ю-129/118	95	519	5.5	14.6453	0.0026	1.2979	0.0481	0.1379	0.0019	0.77	878	78	845	21	833	11	829	20	-5.1	**
Ю-129/119	89	154	1.7	14.8024	0.0027	1.1835	0.0455	0.1271	0.0018	0.36	856	81	793	21	771	10	773	20	-9.9	**
Ю-129/120	129	607	4.7	14.2989	0.0027	1.1668	0.0438	0.1211	0.0017	0.37	928	78	785	20	734	10	739	19	-20.9	**

Примечание. Rho – коэффициент корреляции между ошибками отношений  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ; Rho =  $(\sigma(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})/(\sigma(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U})) / (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U})) / (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})$ , где  $\sigma$  – относительная ошибка того или иного отношения (Gerdes, Zeh, 2006; Rowertman et al., 2021); CA – конкордантный возраст (Ludwig, 2008), D – дискордантность, вычислялась как  $D = (\text{Возраст}(^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) / \text{Возраст}(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U})) \times 100 - 100\%$ . (\*\*\*) – для построения кривой относительной вероятности цирконов и вычисления ее пиков использовались только те значения возрастов, которые характеризуются конкордантным возрастом (CA), при этом в них значения показателя дискордантности составляли не более 10%, а ошибка значений возрастов  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  и  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  не более 3%.



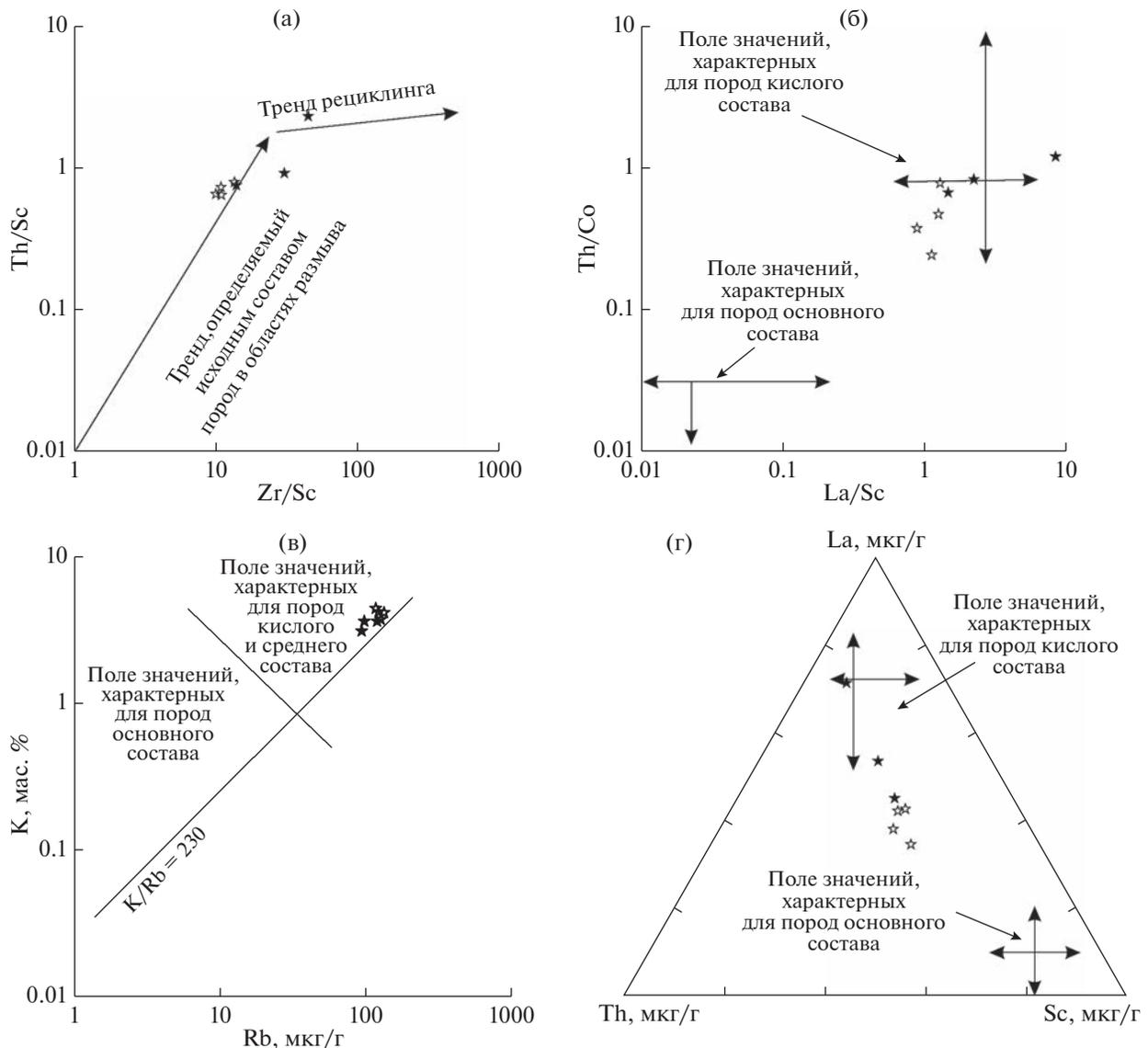
**Рис. 4.** Кривая относительной вероятности возрастов зерен детритового циркона (а) и диаграмма с конкордией для неопротерозойских зерен циркона (б) из песчаника ерниченской толщи (обр. Ю-129) аргунской серии Аргунского континентального массива.

ченской толщи нами использовались дискриминационные диаграммы Co–Th–Zr/10, Sc–Th–Zr/10, Th–La–Sc (Bhatia, Crook, 1986). Большинство точек состава исследуемых отложений на этих диаграммах расположено в поле осадочных пород, накопление которых происходило в обстановке континентальной островной дуги (рис. 6). Активный тектонический режим в период осадконакопления также подтверждается присутствием в составе толщи гравелитов, преобладанием в исследованных образцах песчаников и алевролитов обломков слабоокатанной формы, с плохой степенью сортировки. Такая интерпретация согласуется с интенсивной магматической деятельностью в неопротерозое и раннем палеозое в пределах Аргунского массива, отразившейся в формировании многочисленных массивов гранитоидов (Со-

рокин, Кудряшов, 2015; Сорокин и др., 2015; Feng et al., 2022 и др.).

Далее обратимся к результатам U–Pb датирования зерен детритового циркона. Как следует из полученных результатов, самая молодая группа циркона из песчаника ерниченской толщи характеризуется возрастом 549–570 млн лет, пик на кривой относительной вероятности возрастов циркона составляет 566 млн лет. Соответственно, нижняя возрастная граница их накопления не древнее рубежа неопротерозоя и кембрия, что в целом согласуется с принятым Е.А. Шивохинным с соавторами (2010) ранне-среднекембрийским возрастом толщи.

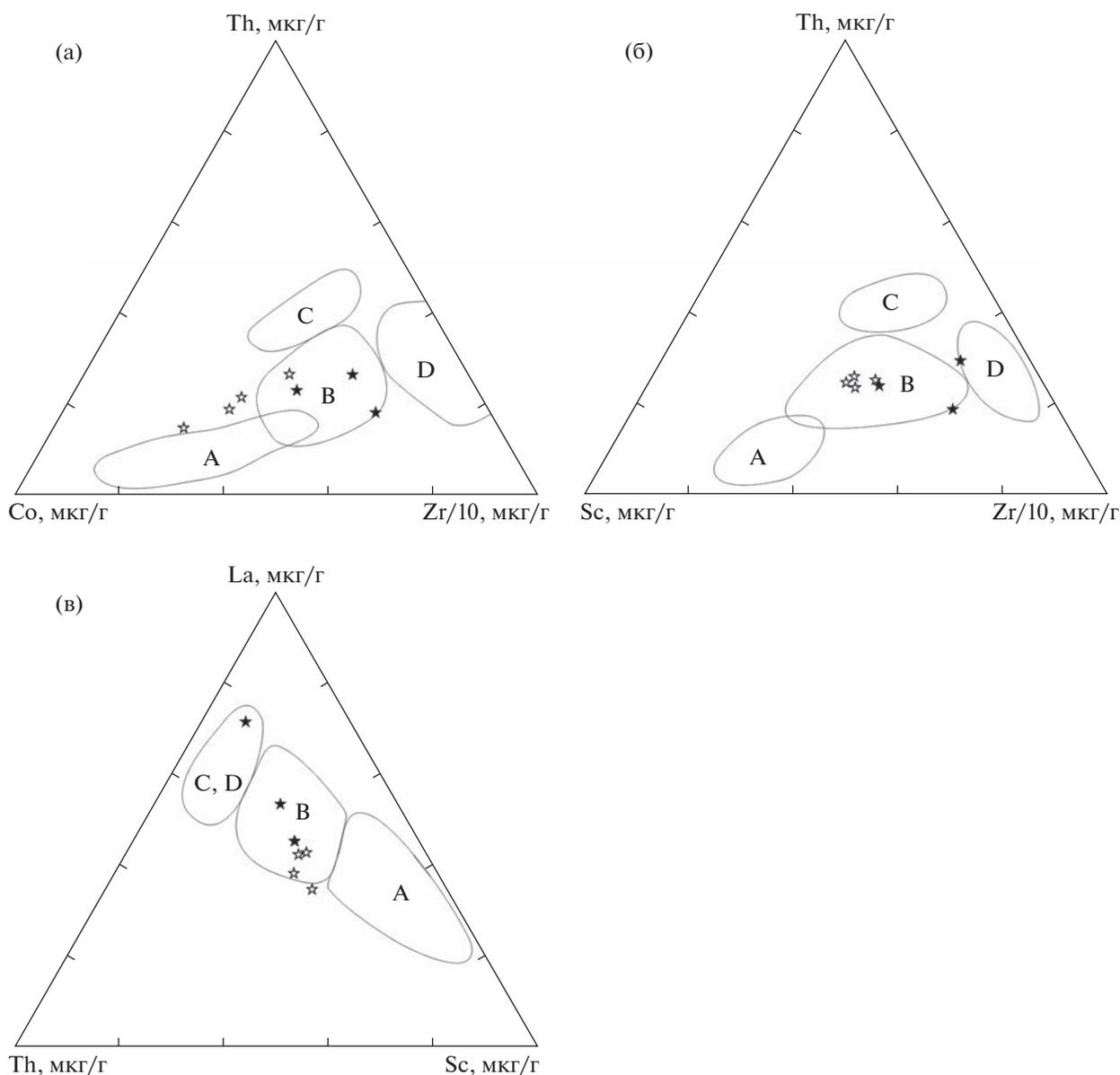
Кроме того, проведенные нами исследования позволили установить, что наиболее значимые



**Рис. 5.** Диаграммы (а) Zr/Sc–Th/Sc (McLennan et al., 1993), (б) La/Sc–Th/Co (Cullers, 2002), (в) Rb–K (Floyd, Leveridge, 1987), (г) Th–La–Sc (Cullers, 2002) для терригенных пород ерниченской толщи аргунской серии Аргунского континентального массива. Условные обозначения см. на рис. 2.

группы детритового циркона из песчаника ерниченской толщи характеризуются нео-, мезо- и палеопротерозойскими значениями возраста. Источниками наиболее древних зерен циркона могли быть массивы палеопротерозойских гранитов и гнейсов, выявленных сравнительно недавно в строении Аргунского массива на сопредельной территории Китая (Sun et al., 2013; Feng et al., 2022). Источниками наиболее молодых неопротерозойских зерен циркона, по-видимому, являются массивы гранитоидов Уртуйского массива с возрастом  $784 \pm 7$  млн лет,  $804 \pm 7$  млн лет (Голубев и др., 2010), кварцевых диоритов Усть-Гаринского массива с возрастом  $607 \pm 8$  млн лет (Соро-

кин и др., 2015), поля кислых вулканитов Гарь-Джелтулакского пояса с возрастом  $546 \pm 14$  млн лет (Сорокин, Кудряшов, 2015), установленные в пределах Аргунского массива. В качестве исходных пород также можно рассматривать неопротерозойские магматические и метаморфические породы Аргунского массива, выявленные на территории Китая. Их возраст, согласно геохронологическим (U–Pb) исследованиям, варьирует от  $\sim 957$  до  $\sim 685$  млн лет (Wu et al., 2011; Gou et al., 2013; Tang et al., 2013; Ge et al., 2015; Yang et al., 2017; Li et al., 2018; Liu et al., 2020; Feng et al., 2022 и др.). Вопрос об источниках мезопротерозойских зерен циркона открыт, так как до сих пор в



**Рис. 6.** Диаграммы (а) Co–Th–Zr/10, (б) Sc–Th–Zr/10, (в) Th–La–Sc (Bhatia, Crook, 1986) для терригенных пород ерниченской толщи аргунской серии Аргунского континентального массива.

Условные обозначения см. на рис. 2. Поля, характеризующие обстановки, в которых происходило накопление песчаников: А – океаническая островная дуга, В – континентальная островная дуга, С – активная континентальная окраина, D – пассивная континентальная окраина.

структуре Аргунского континентального массива не установлены с помощью U–Pb геохронологических исследований образования мезопротерозойского возраста.

## ВЫВОДЫ

Полученные в ходе исследований результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Особенности химического состава терригенных пород ерниченской толщи в совокупности с ее гранулометрическим составом, а также со сла-

бой степенью окатанности и плохой сортировкой обломочного материала в изученных образцах песчаников и алевролитов позволяют предполагать, что их накопление происходило в обстановке, связанной с субдукционными процессами.

2. Нижняя возрастная граница накопления терригенных пород ерниченской толщи, согласно возрасту наиболее молодой группы детритового циркона, приходится на границу неопротерозоя и палеозоя.

3. Основными источниками исходного материала для отложений ерниченской толщи послу-

жили неопротерозойские и палеопротерозойские магматические и метаморфические образования Аргунского континентального массива.

**Благодарности.** Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам А.Б. Котову, В.П. Ковачу и С.И. Дрилю за ценные советы и замечания. Авторы благодарят сотрудников ЦКП “Амурский центр минералого-геохимических исследований” ИГиП ДВО РАН (Е.Н. Воропаеву, О.Г. Медведеву, В.И. Рождествину, А.С. Сегренёва, Е.С. Сапожник, Е.В. Ушакову), ЦКП “Изотопно-геохимических исследований” ИГХ СО РАН (О.В. Зарубину, Н.В. Брянского, Т.Н. Галкину), а также персонал ЦКП “Геоспектр” ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ) за проведение аналитических исследований.

**Источники финансирования.** Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-05-00195).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Голубев В.Н., Чернышев И.В., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Гольцман Ю.В., Баирова Э.Д., Яковлева С.З. Стрельцовский урановорудный район: изотопно-геохронологическая (U–Pb, Rb–Sr и Sm–Nd) характеристика гранитоидов и их место в истории формирования урановых месторождений // Геология рудных месторождений. 2010. Т. 52. № 6. С. 553–571.
- Гордиенко И.В., Метелкин Д.В., Ветлужских Л.И. Строение Монголо-Охотского складчатого пояса и проблема выделения Амурского микроконтинента // Геология и геофизика. 2019. Т. 60. № 3. С. 318–341.
- Козлов С.А., Богач Г.И., Томбасов И.А., Потемкина Л.В., Пинаева Т.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000. Серия Алдано-Забайкальская. Лист N-50 (Сретенск). Третье поколение. Отв. ред. Руденко В.Е., Старченко В.В. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010.
- Коссовская А.Г., Тучкова М.И. К проблеме минералогопетрохимической классификации и генезиса песчаных пород // Литология и полезн. ископаемые. 1988. № 2. С. 8–24.
- Куриленко А.В., Котляр Г.В., Кульков Н.П., Раитина Н.И., Ядрищенская Н.Г., Старухина Л.П., Маркович Е.М., Окунева Т.М., Дольник Т.А., Попеко Л.И., Беляева Г.В., Бяков А.С., Бащурова Н.Ф., Тимохин А.В., Коровников И.В., Могучева Н.К., Изох Н.Г., Анисимова С.А., Клец Т.В., Иванова Р.М., Стукалина Г.А. Атлас фауны и флоры палеозоя–мезозоя Забайкалья. Новосибирск: Наука, 2002. 714 с.
- 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.
- Озерский А.Ф., Винниченко Е.Л. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200000. Серия Приаргунская. Лист M-50-VI (Бол. Зерентуй). М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015.
- Парфенов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бодарч Г., Белличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У.Дж., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Томуртогоо О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41.
- Решения IV Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья. Комплект схем. Хабаровск: ХГГП, 1994.
- Смирнова Ю.Н., Дриль С.И. Геохимия вендских (?) метаосадочных пород быркинской серии Аргунского супертеррейна // Геохимия. 2022. Т. 67. № 5. С. 445–462.
- Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А. Возраст и обстановки формирования чаловской серии ордовика Аргунского массива, восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2019. Т. 27. № 3. С. 3–23.
- Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Попеко Л.И., Смирнов Ю.В. Геохимические особенности палеозойских терригенных отложений Ольдойского террейна восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса как отражение геодинамических условий седиментации // Геохимия. 2013. № 4. С. 344–365.
- Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Попеко Л.И. Геохимические особенности, обстановки накопления и источники материала нижнепалеозойских отложений Мамынского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса // Литология и полезн. ископаемые. 2016. № 6. С. 564–582.
- Смирнова Ю.Н., Сорокин А.А., Попеко Л.И., Котов А.Б., Ковач В.П. Геохимия и области сноса юрских терригенных отложений Верхнеамурского и Зeya-Депского прогибов восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса // Геохимия. 2017. № 2. С. 127–148.
- Смирнова Ю.Н., Овчинников Р.О., Смирнов Ю.В., Дриль С.И. Источники кластического материала и условия накопления осадочных пород даурской серии Аргунского континентального массива // Тихоокеанская геология. 2022. Т. 41. № 1. С. 13–31.
- Сорокин А.А., Кудряшов Н.М. Первые U–Pb-геохронологические и геохимические данные для поздневендских и раннепалеозойских кислых вулканитов Мамынского террейна (Центрально-Азиатский складчатый пояс) // Докл. АН. 2015. Т. 465. № 4. С. 473–478.
- Сорокин А.А., Котов А.Б., Кудряшов Н.М., Ковач В.П. Первые свидетельства проявления эдиакарского магматизма в истории геологического развития Мамынского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34. № 6. С. 3–15.
- Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
- Хубанов В.Б., Буянтуев М.Д., Цыганков А.А. U–Pb изотопное датирование цирконов из PZ<sub>3</sub>–MZ магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-сек-

- торной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставления с SHRIMP данными // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 241–258.
- Шивохин Е.А., Озерский А.Ф., Куриленко А.В., Раитина Н.И., Карасев В.В.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000000. Серия Алдано-Забайкальская. Лист М-50 (Борзя). Третье поколение. Отв. ред. Старченко В.В. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
- Bhatia M.R., Crook K.A.W.* Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins // *Contrib. Miner. Petrol.* 1986. V. 92. P. 181–193.
- Cullers R.L.* Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // *Chem. Geol.* 2002. V. 191. Iss. 4. P. 305–327.
- Feng Z., Zhang Q., Liu Y., Li L., Jiang L., Zhou J., Li W., Ma Y.* Reconstruction of Rodinia supercontinent: evidence from the Erguna Block (NE China) and adjacent units in the eastern Central Asian orogenic Belt // *Precambrian Res.* 2022. V. 368. 106467.
- Floyd P.A., Leveridge B.E.* Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones // *J. Geol. Soc. London.* 1987. V. 144. Iss. 4. P. 531–542.
- Ge W.C., Chen J.S., Yang H., Zhao G.C., Zhang Y.L., Tian D.X.* Tectonic implications of new zircon U–Pb ages for the Xinghuadukou Complex, Erguna Massif, northern Great Xing'an Range, NE China // *J. Asian Earth Sci.* 2015. V. 106. P. 169–185.
- Gehrels G.E.* AgePick, Available online: <https://sites.google.com/a/laserchron.org/laserchron/home/>. 2007.
- Gerdes A., Zeh A.* Combined U–Pb and Hf isotope LA-(MC)-ICP-MS analyses of detrital zircons: comparison with SHRIMP and new constraints for the provenance and age of an Armorican metasediment in Central Germany // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2006. V. 249. Iss. 1–2. P. 47–61.
- Gou J., Sun D.Y., Ren Y.S., Liu Y.J., Zhang S.Y., Fu C.L., Wang T.H., Wu P.F., Liu X.M.* Petrogenesis and geodynamic setting of Neoproterozoic and Late Paleozoic magmatism in the Manzhouli-Erguna area of Inner Mongolia, China: geochronological, geochemical and Hf isotopic evidence // *J. Asian Earth Sci.* 2013. V. 67–68. P. 114–137.
- Griffin W.L., Powell W.J., Pearson N.J., O'Reilly S.Y.* Glitter: data reduction software for laser ablation ICP-MS // *Laser Ablation-ICP-MS in the Earth Sciences. Current practices and outstanding issues.* Ed. Sylvester P. Mineralogical Assoc. Canada Short Course Ser. 2008. V. 40. P. 308–314.
- Herron M.M.* Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // *J. Sediment. Petrol.* 1988. V. 58. № 5. P. 820–829.
- Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A.* The application of laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology // *Chem. Geol.* 2004. V. 211. P. 47–69.
- Li Z.Z., Qin K.Z., Li G.M., Jin L.Y., Song G.X.* Neoproterozoic and Early Paleozoic magmatic records from the Chaluokou ore district, northern Great Xing'an Range, NE China: implications for tectonic evolution and Mesozoic Mo mineralization // *J. Asian Earth Sci.* 2018. V. 165. P. 96–113.
- Liu H., Li Y., Wan Z., Lai Ch.-K.* Early Neoproterozoic tectonic evolution of the Erguna Terrane (NE China) and its paleogeographic location in Rodinia supercontinent: insights from magmatic and sedimentary record // *Gondwana Res.* 2020. V. 88. P. 185–200.
- Ludwig K.R.* Isoplot 3.6. A geochronological toolkit for Microsoft Excel // Berkeley Geochronology Center Spec. Publ. 2008. № 4. P. 1–77.
- McDonough W.F., Sun S.S.* The composition of the Earth // *Chem. Geol.* 1995. V. 120. P. 223–253.
- McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.N.* Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics // *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 1993. V. 284. P. 21–40.
- Powerman V.I., Buyantuev M.D., Ivanov A.V.* A review of detrital zircon data treatment, and launch of a new tool 'Dezirteer' along with the suggested universal workflow // *Chem. Geol.* 2021. V. 583. 120437.
- Sláma J., Košler J., Condon D.J., Crowley J.L., Gerdes A., Hanchar J.M., Horstwood M.S.A., Morris G.A., Nasdala L., Norberg N., Schaltegger U., Schoene B., Tubrett M.N., Whitehouse M.J.* Plesovice zircon – a new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis // *Chem. Geol.* 2008. V. 249. P. 1–35.
- Sun L.X., Ren B.F., Zhao F.Q., Ji S.P., Geng J.Z.* Late Paleoproterozoic magmatic records in the Erguna massif: evidences from the zircon U–Pb dating of granitic gneisses // *Geol. Bull. China.* 2013. V. 32. P. 341–352.
- Tang J., Xu W.L., Wang F., Wang W., Xu M.J., Zhang Y.H.* Geochronology and geochemistry of Neoproterozoic magmatism in the Erguna Massif, NE China: petrogenesis and implications for the breakup of the Rodinia supercontinent // *Precambrian Res.* 2013. V. 224. P. 597–611.
- Wiedenbeck M., Allé P., Corfu F., Griffin W.L., Meier M., Oberli F., Von Quadt A., Roddick J.C., Spiegel W.* Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses // *Geostandards Newslett.* 1995. V. 19. Iss. 1. P. 1–23
- 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. V. 41. Iss. 1. P. 1–30.
- Yang H., Liu Y., Zheng J., Liang Z., Wang X., Tang X., Su Y.* Petrogenesis and geological significance of Neoproterozoic amphibolite and granite in Bowuleshan area, Erguna massif, Northeast China // *Geol. Bull. China.* 2017. V. 36. Iss. 2–3. P. 342–356.

Рецензенты С.И. Дриль, В.П. Ковач, А.Б. Котов

## Composition and Age of Sources of the Lower–Middle Cambrian (?) Terrigenous Rocks from The Ernichny Formation in the Argun Massif, Eastern Part of the Central Asian Fold Belt

Yu. N. Smirnova<sup>a, #</sup>, A. V. Kurilenko<sup>b</sup>, and V. B. Khubanov<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Institute of Geology and Nature Management of FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia

<sup>b</sup> Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia

<sup>#</sup>e-mail: smirnova@ascnet.ru

The paper presents the results of the mineralogical and geochemical studies of sandstones and siltstones of the Ernichny formation of the Argun series in the Argun continental massif, and the results of U–Pb (LA-ICP-MS) dating for the detrital zircons from these rocks. It is established that the youngest detrital zircons from sandstone of the Ernichny Formation have age of 549–570 Ma. A maximum on the relative probability curve of zircon age corresponds to 566 Ma. These data determine the lower age limit of their accumulation on the border of the Ediacaran and Paleozoic age. According to the results of U–Pb dating of detrital zircon, the majority of detrital zircons from sandstones of Ernichny Formation are characterized by Neo- and Paleoproterozoic ages. The sources of zircons were Neo- and Paleoproterozoic igneous and metamorphic rocks that were widely developed within the Argun continental massif. In turn, the geochemical features of the terrigenous rocks of the Ernichny Formation, together with the presence of the poorly sorted and rounded clastic material in the studied samples, as well as the presence of interlayers of gravelstones, enabled us to establish that they were formed in a subduction-related setting.

*Keywords:* Argun Massif, Ernichny Formation, Early and Middle Cambrian, terrigenous rocks, geochemistry, U–Pb data