

УДК 550.93U-Pb:549.514.81:552.5:551.31(234.851)

С.Н. Сычев¹, А.С. Ивлева², С.Ю. Петров³, М.Н. Петрова⁴, В.Б. Ершова⁵,
Р.В. Веселовский⁶, А.Г. Коннов⁷

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СНОСА ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД БАЗАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ УРАЛИД БАЙДАРАЦКОГО АЛЛОХТОНА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ): РЕЗУЛЬТАТЫ U–Pb ИЗОТОПНОГО ДАТИРОВАНИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ЦИРКОНОВ⁸

Выполнено U–Pb-датирование (LA-ICP-MS) обломочных цирконов из верхнекембрийско-нижнеордовикских терригенных отложений Байдарацкого аллохтона, расположенного в северной части Полярного Урала. Анализ наиболее молодых популяций обломочных цирконов свидетельствует о широком развитии здесь уралид, а не доуралид, как считалось ранее. Основным источником сноса для исследуемых толщ, вероятно, служили бедамельские островодужные образования, а не Тиманский ороген. По результатам статистической обработки результатов датирования цирконов из одновозрастных отложений арктических областей отмечено сходство источников сноса для Байдарацкого аллохтона, архипелагов Новая Земля и Северная Земля.

Ключевые слова: Полярный Урал, Байдарацкий аллохтон, верхнекембрийско-нижнеордовикские отложения, обломочные цирконы, источники сноса.

U–Pb dating (LA-ICP-MS) of detrital zircons from the upper Cambrian — lower Ordovician terrigenous deposits of Baidarata allochthone (northern part of the Polar Urals) is performed. Analysis of the youngest populations of detrital zircons suggests wide development of Uralides instead of Preuralides as it was believed before. The source of sediments for investigated Baidarata allochthone rocks was probably Bedamel' island arc rather than Timan orogen. According to results of statistical analysis of detrital zircons data from coeval deposits of Arctic region, similarity of sedimentary provenances for Baidarata allochthone, Novaya Zemlya and Severnaya Zemlya archipelagos is observed.

Key words: Polar Urals, Baidarata allochthon, upper cambrian — lower ordovician, detrital zircons, sediment provenance.

Введение. U–Pb изотопное датирование обломочных цирконов из терригенных отложений — важный метод, применяемый для расшифровки истории формирования осадочных бассейнов, прежде всего при установлении возраста пород источников сноса и путей транспортировки обломочного материала [Gehrels, 2012]. Результаты U–Pb-датирования обломочных цирконов из верхнекембрийско-нижнеордовикских отложений базальных горизонтов уралид Байдарацкого аллохтона (оюяхинская и талотинская свиты), образованных при заложении Уральского палеоокеана

[Пучков, 2010], в значительной мере дополняют данные, которые получены ранее для аналогичных горизонтов, расположенных южнее на Полярном Урале (манитаньрдская серия и погурейская свита) [Соболева и др., 2012].

Геология района. Исследуемый регион расположен в пределах северной оконечности Уральско-орогена, в зоне, непосредственно граничащей с Пай-Хойской складчато-надвиговой системой, где на дневную поверхность выходят породы Лемвинской зоны, включаемые в состав Байдарацкого аллохтона (рис. 1). На северо-востоке от Байдарац-

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра геологии месторождений полезных ископаемых, ст. преп., ВСЕГЕИ имени А.П. Карпинского, отдел металлогении и геологии МПИ, ст. науч. с., канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* s.sychev@spbu.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра региональной геологии, аспирант; *e-mail:* a.ivleva@spbu.ru

³ ВСЕГЕИ имени А.П. Карпинского, отдел методики ГГК и ГСР, зав. отделом; *e-mail:* semen_petrov@vsegei.ru

⁴ ВСЕГЕИ имени А.П. Карпинского, отдел методики ГГК и ГСР, науч. с.; *e-mail:* marina_petrova@vsegei.ru

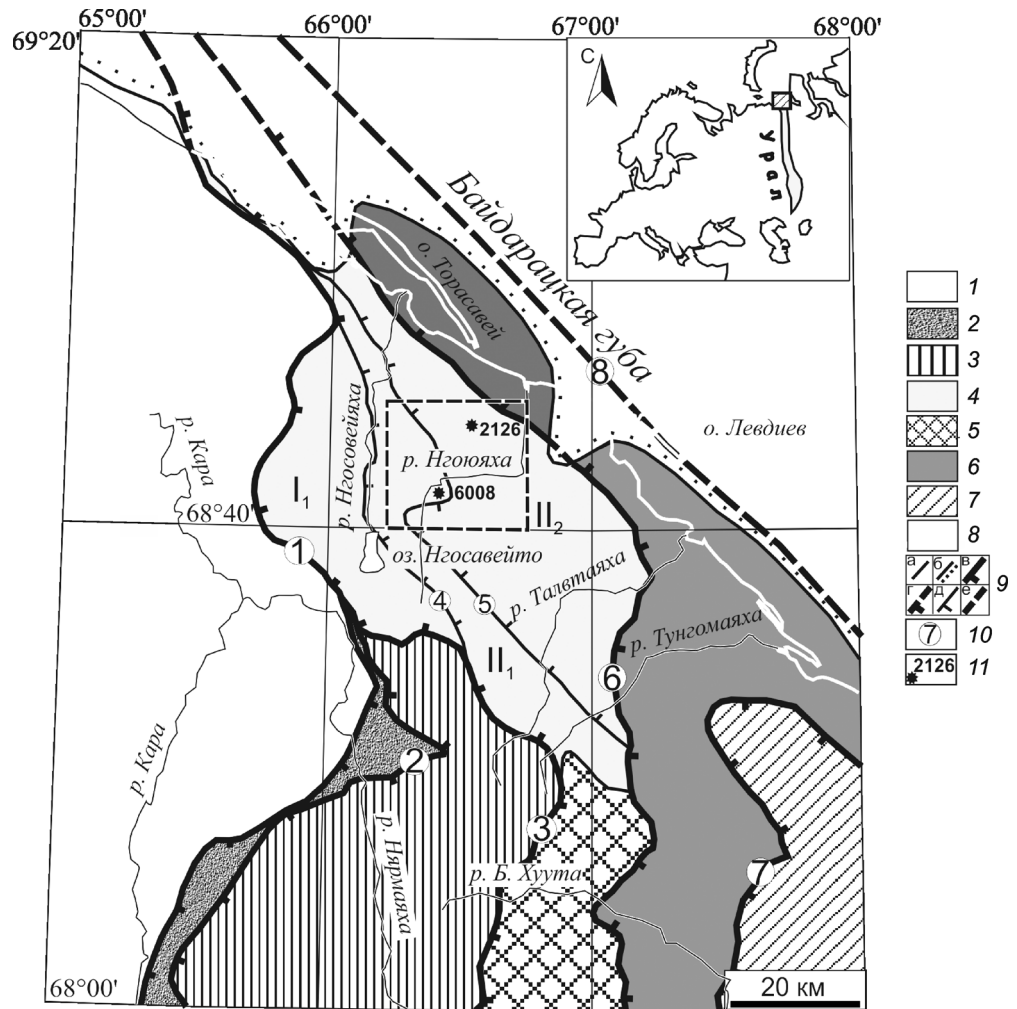
⁵ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра региональной геологии, доцент, канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* v.ershova@spbu.ru

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, доцент; Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, лаборатория главного геомагнитного поля и петромагнетизма, вед. науч. с., канд. геол.-минерал. н.; *e-mail:* roman.veselovskiy@ya.ru

⁷ ВСЕГЕИ имени А.П. Карпинского, отдел методики ГГК и ГСР, аспирант; *e-mail:* artem_konnov@vsegei.ru

⁸ Исследования выполнены в рамках проекта «Составление комплекта Государственных геологических карт (авторский вариант) масштаба 1:200 000 листов R-42-XXV, XXVI (Ярская площадь)», а также при поддержке грантов РФФИ (проекты № 15-35-20591 и № 15-35-20599) и НИР СПбГУ (3.38.137.2014).

Рис. 1. Тектоническая схема северной части Полярного Урала, по [Государственная..., 2015], с изменениями, квадратом отмечено расположение рис. 2: 1 — Пай-Хойская складчато-надвиговая система; Уральская складчато-надвиговая система (2–7): Усинско-Верхнекарский синклиорий; 2 — Карско-Нярминский параавтохтон; Полярно-Уральский антиклинорий; 3 — Оченырдынский параавтохтон; Талота-Пайпудынский синклиорий; 4 — Байдарацкий аллохтон, I — Западный покров, II — Восточный покров (II₁ — Западно-Осовейская пластина, II₂ — Осовейско-Талотинская пластина); 5 — Лекынтальбейская антиклиналь; 6 — Орангский аллохтон; Харбейский антиклинорий; 7 — Нундерминский аллохтон; 8 — Западно-Сибирская плита; 9 — границы (а — структур II порядка, б — надрегиональных структур, разрывные нарушения: в — достоверные главные надвиги, г — предполагаемые главные надвиги, д — второстепенные надвиги, е — предполагаемые главные разломы); 10 — разрывные нарушения и их номера (в кружках); 11 — Карско-Нярминский надвиг, 2 — Хойтальбейско-Себетинский (Карский) надвиг, 3 — Саурейяхинско-Осовейский надвиг, 4 — Осовейский надвиг, 5 — Нгоюяхинский надвиг, 6 — Орангский надвиг, 7 — Нундерминский надвиг, 8 — Байдарацкий разлом; 11 — места отбора проб и их номера



кого аллохтона расположен Орангский аллохтон, северная оконечность которого полностью перекрыта плиоцен-четвертичными отложениями и картируется лишь по немногочисленным данным бурения [Государственная..., 2015].

Байдарацкий аллохтон имеет более сложное строение, расположен он за Константиновым Камнем (крайним северным горным массивом на Полярном Урале). Аллохтон разделяется на Западный и Восточный покровы, которые разграничены крупным Осовейским надвигом. Восточный покров в свою очередь делится на Западно-Осовейскую и Осовейско-Талотинскую пластины, граница между которыми проходит по плоскости Нгоюяхинского надвига [Государственная..., 2015] (рис. 1). Все перечисленные тектонические единицы отчетливо различаются по набору слагающих их формаций и структурным особенностям. К Западному покрову отнесена полоса развития девонско-пермских образований на западе от долины р. Нгосавейяха. В строении покрова участвуют кремнистые породы косвожской (D₁₋₂), няньворгинской (D₂–C₁), варгашорской (C₁₋₃) свит и флиш кечьпельской (C₃–P₁) свиты.

Восточный покров — наиболее крупный и сложнопостроенный элемент Байдарацкого аллохтона. С запада по Осовейскому надвигу Восточный покров шарьирован на Западный, а с северо-востока перекрыт формациями Орангского аллохтона. В структурном отношении тектонический блок представляет собой крупную опрокинутую Талотинскую антиклиналь и ныряющую Нгавыльяхинскую антиклиналь.

Западно-Осовейская пластина охватывает западное крыло Талотинской антиклинали, непосредственно примыкающее с востока к Осовейскому надвигу. В ядре антиклинали — Сянгурском блоке — залегают вулканы бедамельской серии. По последним данным [Шишкин и др., 2015] они имеют неопротерозойско-раннекембрийский возраст и, по представлениям Н.П. Хераскова [Херасков, 1948], рассматриваемые как доуралиды. Из-за субмеридионального направления течения р. Нгосавейяха хорошо обнажены практически все геологические единицы (уралиды) Байдарацкого аллохтона, такие, как оюяхинская (E₃–O₁) и талотинская (O₁) свиты, сложенные песчаниками; харапэшорская (O₁₋₂) и салепэяхинская (O₂₋₃)

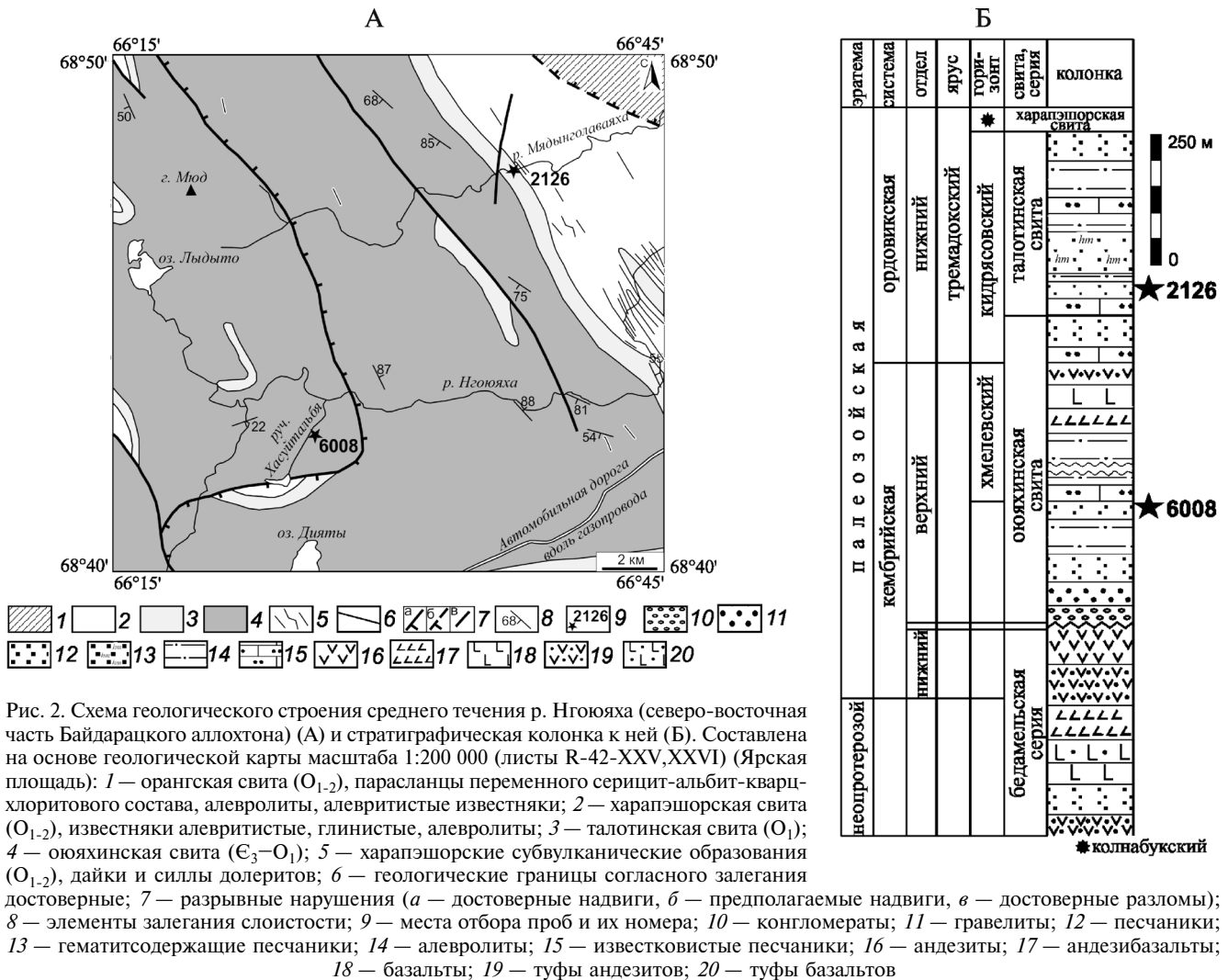


Рис. 2. Схема геологического строения среднего течения р. Нгоюяха (северо-восточная часть Байдарцакого аллохтона) (А) и стратиграфическая колонка к ней (Б). Составлена на основе геологической карты масштаба 1:200 000 (листы R-42-XXV, XXVI) (Ярская площадь): 1 — орангская свита (O₁₋₂), парасланцы переменного серицит-альбит-кварц-хлоритового состава, алевролиты, алевролитистые известняки; 2 — харапэшорская свита (O₁₋₂), известняки алевролитистые, глинистые, алевролиты; 3 — талотинская свита (O₁); 4 — оюяхинская свита (Є₃-O₁); 5 — харапэшорские субвулканические образования (O₁₋₂), дайки и силлы долеритов; 6 — геологические границы согласного залегания достоверные; 7 — разрывные нарушения (a — достоверные надвиги, б — предполагаемые надвиги, в — достоверные разломы); 8 — элементы залегания слоистости; 9 — места отбора проб и их номера; 10 — конгломераты; 11 — гравелиты; 12 — песчаники; 13 — гематитсодержащие песчаники; 14 — алевролиты; 15 — известковистые песчаники; 16 — андезиты; 17 — андезибазальты; 18 — базальты; 19 — туфы андезитов; 20 — туфы базальтов

глинисто-сланцевые свиты, а также харотская (S-D₁), косвожская (D₁₋₂), няньворгинская (D₂-C₁) и варгашорская (C₁₋₃) кремнистые свиты.

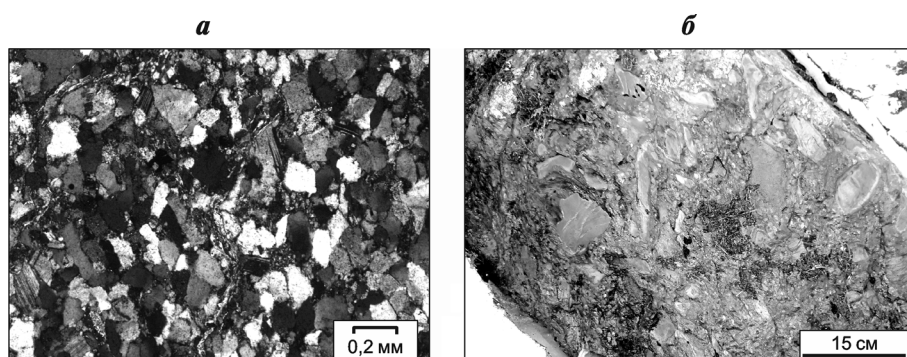
Осовейско-Талотинская пластина с запада отделена от Западно-Осовейской пластины Нгоюяхинским надвигом и включает в себя Нгавыльяхинскую антиклиналь и восточное крыло Талотинской антиклинали. Здесь наблюдается схожий с Западно-Осовейской пластиной набор свит (за исключением варгашорской).

Нами выполнено датирование цирконов из двух образцов песчаников, отобранных из разрезов оюяхинской (образец № 6008) и талотинской (образец № 2126) свит в пределах Западно-Осовейской и Осовейско-Талотинской пластин соответственно (рис. 2). Породы, относимые к оюяхинской свите, представлены преимущественно лититовыми и аркозовыми песчаниками, конгломератами и гравелитами. На них согласно залегают отложения талотинской свиты, среди которых основные разновидности пород представлены субаркозовыми песчаниками и алевролитами. Возраст отложений оюяхинской свиты основан на единичных находках акритарх, сделанных А.С. Микляевым с коллегами в ходе ГГС-50, и принят позднемем-

брийским. В результате геологосъемочных работ по косвенным признакам возраст свиты определен как венд(?)-кембрийский [Душин и др., 2004]. Раннеордовикский возраст талотинской свиты определен по многочисленным находкам брахиопод, а также конодонтов.

Петрография песчаников. По данным петрографического анализа среди песчаников оюяхинской свиты выделяются две основные группы песчаников — лититовые и аркозовые. Лититовые песчаники оюяхинской свиты характеризуются неравномернозернистой псаммитовой, алевропсаммитовой структурой с элементами бластической перекристаллизации. Текстура пород массивная, слоистая, линзовидно-слоистая, сланцеватая. Обломочный материал представлен (%) неокатанными и/или слабоокатанными, часто угловатыми и зазубренными обломками кварца (5–10%), полевого шпата (3–7%), амфибола (2–5%), биотита (единичные зерна — 1%). Около 70–90% зерен — в разной степени измененные обломки эффузивных и вулканогенно-осадочных пород. Чаще всего это андезиты, реже туфы, глинистые сланцы. До 70% обломков пород частично или полностью хлоритизированы. Также наблюдаются единичные

Рис. 3. Микро- и макрофотографии пород изученных свит: *a* — песчаник талотинской свиты (образец № 2126), с анализатором; *б* — конгломераты оюяхинской свиты



зерна турмалина, лейкоксена, апатита, циркона, сфена, мусковита, иногда ортита. Цемент неоднородный, представлен гидрослюдами, актинолитом, эпидотом и хлоритом, иногда карбонатом ($\leq 10\%$). Присутствует органический детрит в виде небольших скоплений углистого вещества.

В аркозовых песчаниках оюяхинской свиты выделяется бластопсаммитовая, реже бластопсефопсаммитовая структура и массивная или сланцеватая текстура. Кластический материал (75–95%, в сланцеватых разностях 65–70%) представлен обломками кварца (60–80%), плагиоклаза (20–30%) и обломками пород (единичные зерна — 5%). Аксессуарные минералы представлены пиритом (иногда до 1–3%), цирконом, сфеном, апатитом. Среди обломков горных пород встречаются кварциты, эффузивы кислого и среднего состава, сланцы кремнистые и серицит-кремнистые. Форма обломков плохоокатанная, полуокатанная, редко окатанная, сортировка средняя, с преобладанием средне- и крупнозернистой псаммитовой фракции (60–90%), в переменном количестве присутствуют псефитовые (0–10%), мелкозернистые псаммитовые (5–40%) и алевритовые (0–20%) обломки минералов и горных пород. Датированные цирконы из образца № 6008 выделены из аркозового плохосортированного песчаника.

Для песчаников *талотинской свиты* характерна псаммитовая, бластопсаммитовая, в меньшей степени алевропсаммитовая структура, массивная или сланцеватая текстура. Алевритовая составляющая присутствует в количестве до 10%. Количество кластического материала варьирует от 70 до 95%. Кластический материал представлен (%) обломками кварца (75–90), плагиоклаза (5–15) и обломков пород (≤ 10). К аксессуариям относятся циркон, сфен, пирит, лейкоксен, апатит, турмалин. Среди обломков горных пород встречаются кварциты, эффузивы среднего состава, сланцы кремнистые и серицит-кремнистые. Форма обломков от полуокатанной до плохоокатанной и угловатой, степень сортировки преимущественно средняя.

В результате петрографических исследований установлено, что исследуемые песчаники характеризуются плохой сортировкой, слабой окатанностью и присутствием большого количества слабоустойчивых к транспортировке литических и

полевошпатовых зерен (рис. 3, *a*), что указывает на близкое расположение источника сноса и короткий путь переноса обломочного материала. Это подтверждается составом галек из конгломератов оюяхинской свиты, которые часто имеют угловатую форму (рис. 3, *б*) и представлены андезитами, андезибазальтами, аркозовыми и субаркозовыми песчаниками, измененными в различной степени.

Методика исследований. Предварительная пробоподготовка и выделение обломочных цирконов проведены в ФГБУ «ВСЕГЕИ» (Санкт-Петербург) по стандартной методике. U–Pb LA-ICP-MS датирование цирконов выполнено во ВСЕГЕИ на многоколлекторном масс-спектрометре высокого разрешения с системой лазерной абляции «New Wave DUV-193», которая основана на эксимерном ультрафиолетовом лазере «Lambda Physik». Итоговые U–Pb-датировки, полученные для каждого определения, фиксировались с аналитической ошибкой измерения, равной $\pm 2\sigma$. Для цирконов с возрастом более 1000 млн лет за время их кристаллизации в исходной породе принимался возраст, рассчитанный по отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, а для более молодых — по отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Графики распределения плотности вероятности значений возраста построены с помощью программы Isoplot 4.0. В соответствии с представлениями [Gehrels, 2012] учитывались зерна с дискордантностью $\leq 30\%$.

Результаты изотопного датирования обломочных цирконов. Для обломочных цирконов из образца № 6008 получены U–Pb-датировки 53 зерен, из которых только 2 зерна имеют дискордантность, превышающую 30% (табл. 1). Возраст обломочных цирконов расположен в диапазоне от ~511 (конец раннего кембрия) до ~1558 млн лет (ранний мезопротерозой) (рис. 4). Значения возраста датированных зерен группируются в два отчетливых пика — 545 и 570 млн лет. Цирконы с более древними возрастными единичны и не формируют значимых пиков.

Из образца № 2126 датировано 50 зерен, из которых лишь 34 зерна проходят критерий дискордантности и попадают в диапазон от ~515 (конец раннего кембрия) до ~1667 млн лет (поздний палеопротерозой) (табл. 2). Значения возраста датированных цирконов (31 зерно, или 91%) по-

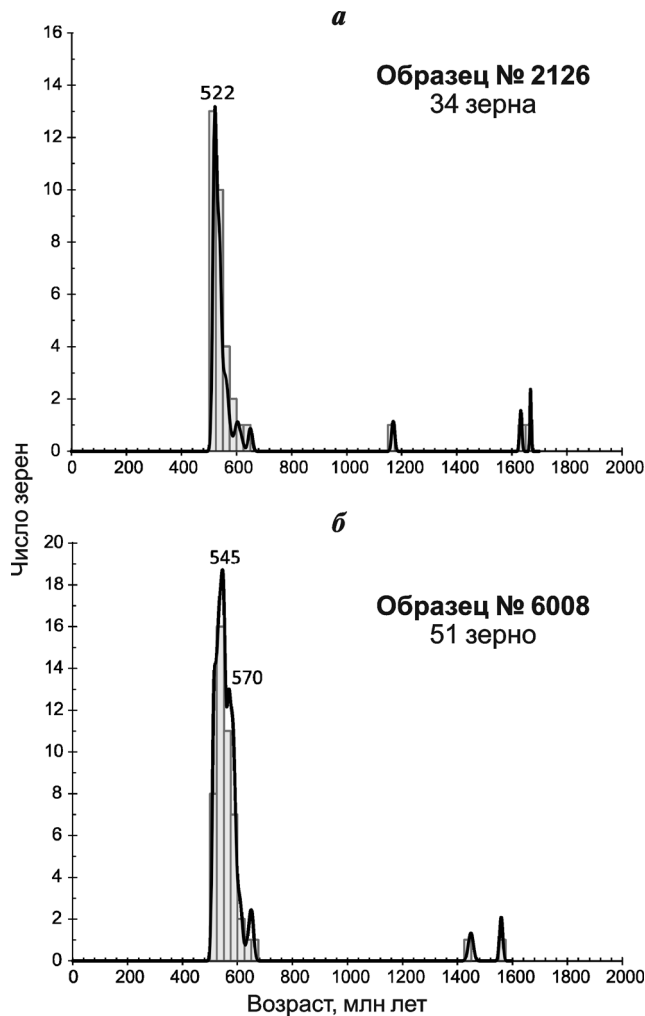


Рис. 4. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения значений U–Pb-изотопного возраста обломочных цирконов: *a* — из песчаников талотинской свиты, *б* — из песчаников оюяхинской свиты

падают в возрастной диапазон от конца раннего кембрия (~515 млн лет) до конца неопротерозоя (~650 млн лет) и формируют один выразительный отчетливый пик ~522 млн лет (рис. 4). Остальные датированные зерна с возрастом ~1168, ~1632, ~1667 млн лет единичны.

Результаты исследований и их обсуждение.

Полученные нами данные позволяют уточнить возраст оюяхинской свиты и по наличию самой молодой группы обломочных цирконов принять его не древнее среднего кембрия. Отметим, что в Западно-Уральской мегазоне на Полярном Урале неизвестны осадочные породы среднекембрийского возраста. Учитывая положение оюяхинской свиты в разрезе непосредственно ниже песчаников талотинской свиты и благодаря находкам тремадокских брахиопод в обеих свитах [Шишкин и др., 2015], возраст оюяхинской свиты можно считать позднекембрийско-раннеордовикским.

Распределение значений возраста цирконов в датированных образцах во многом сходно, что позволяет предполагать доминирующую роль одних и тех же источников поступления обломочного материала. Так, в исследованных образцах преобладают зерна поздненеопротерозойско-раннекембрийского возраста (94%). Близкие по возрасту тектоно-магматические события были проявлены вдоль северо-восточной (в современных координатах) окраины Балтики, где в неопротерозое–раннем кембрии существовал краевой вулcano-плутонический пояс андийского типа (Печорская островодужная система) [Самыгин, Буртман, 2009; Хераскова и др., 2010]. С середины неопротерозоя на Полярном Урале начинался активный андезибазальтовый и андезитовый вулканизм, также шло накопление мощных туфогенно-осадочных толщ отчетливого комплекса, относимого к нижней части бедамельской серии. С конца неопротерозоя наряду с андезитами в составе лядгейского вулканического комплекса

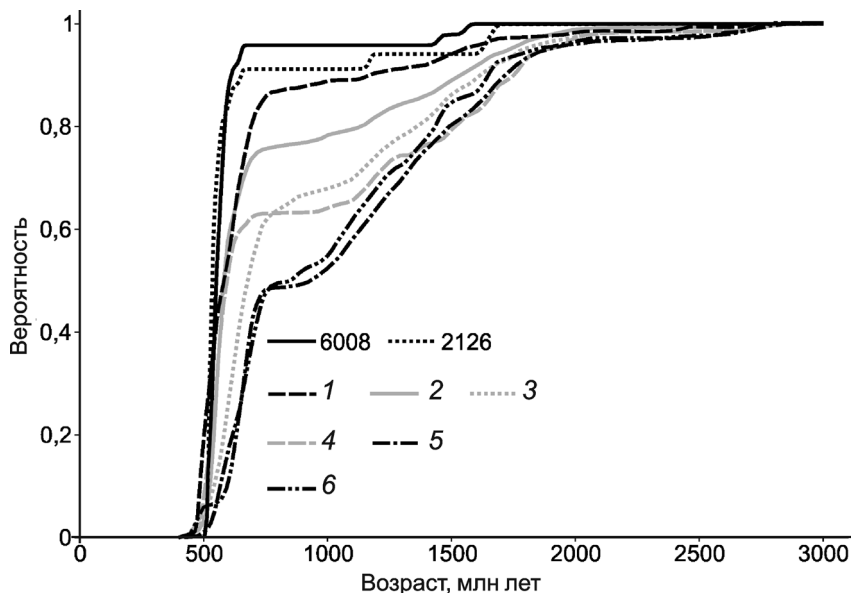


Рис. 5. Сопоставление кумулятивных кривых изотопного возраста обломочных цирконов из пород оюяхинской (6008) и талотинской (2126) свит, а также из кембрийско-ордовикских отложений Новой Земли (1), по [Lorenz et al., 2013; Pease, Scott, 2009]; кембрийско-ордовикских Северной Земли (2), по [Lorenz et al., 2008; Ершова и др., 2015]; верхнерифейско-кембрийских Западной Аляски (3), по [Amato et al., 2009]; верхнекембрийско-нижнеордовикских южной части Полярного Урала (манитаньрдская серия и погурейская свита) (4), по [Соболева и др., 2012]; верхнекембрийско-раннеордовикских арх. Де-Лонга (о-ва Генриетты и Жаннетты) (5), по [Ershova et al., in print] и кембрийско-ордовикских Кордильер Северной Америки (террейн Александер) (6), по [Bergnek et al., 2013]

Таблица 1

Результаты датирования обломочных цирконов

№ ана- лиза	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2σ	Возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2σ	Возраст $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2σ	Дискор- дантность
Образец № 6068									
1	0,8044	0,108	0,1005	0,004	617,07	20,46	532,71	3,64	-15,8
2	0,6692	0,034	0,0858	0,002	530,52	11,27	475,31	30,95	-11,6
3	0,8057	0,077	0,0997	0,003	612,50	20,16	553,26	5,69	-10,7
4	0,7750	0,064	0,0964	0,003	593,32	17,26	541,06	4,53	-9,7
5	0,7600	0,060	0,0948	0,003	583,57	18,32	536,31	6,17	-8,8
6	0,7607	0,064	0,0946	0,003	582,97	18,35	540,60	12,31	-7,8
7	0,7348	0,121	0,0919	0,003	566,83	14,89	528,99	7,54	-7,2
8	0,7321	0,045	0,0916	0,003	564,91	14,82	528,67	8,85	-6,9
9	0,8085	0,096	0,0991	0,003	609,02	16,37	573,91	23,65	-6,1
10	0,7630	0,064	0,0944	0,003	581,35	17,76	553,74	6,57	-5,0
11	0,7161	0,036	0,0896	0,002	552,96	14,29	529,20	4,91	-4,5
12	0,7020	0,028	0,0881	0,003	544,23	15,04	522,07	10,52	-4,2
13	0,7174	0,042	0,0895	0,002	552,80	13,15	533,80	9,23	-3,6
14	0,7547	0,024	0,0932	0,003	574,64	16,79	556,14	11,55	-3,3
15	0,7394	0,058	0,0917	0,003	565,50	15,77	548,19	6,43	-3,2
16	0,8152	0,077	0,0990	0,003	608,75	20,27	592,60	7,64	-2,7
17	3,2600	0,114	0,2595	0,006	1487,50	31,97	1448,64	17,90	-2,7
18	0,7041	0,050	0,0880	0,002	543,70	13,84	531,00	62,38	-2,4
19	0,7424	0,051	0,0918	0,002	566,02	12,32	554,83	19,24	-2,0
20	0,7015	0,028	0,0876	0,002	541,27	13,35	533,00	10,13	-1,6
21	0,7065	0,023	0,0880	0,003	543,88	15,02	537,65	8,44	-1,2
22	0,6710	0,038	0,0844	0,002	522,31	13,32	517,10	25,25	-1,0
23	0,7049	0,029	0,0878	0,002	542,32	14,17	539,32	5,68	-0,6
24	0,7143	0,043	0,0886	0,002	547,08	13,27	548,16	7,27	0,2
25	0,6957	0,033	0,0867	0,002	535,89	13,04	537,66	6,23	0,3
26	0,6828	0,034	0,0851	0,002	526,69	12,68	536,13	18,57	1,8
27	0,6981	0,031	0,0867	0,002	535,75	13,07	545,77	25,09	1,8
28	0,7653	0,031	0,0932	0,003	574,35	17,40	587,84	20,79	2,3
29	0,7245	0,031	0,0891	0,003	549,92	15,67	567,37	5,91	3,1
30	0,7603	0,042	0,0925	0,003	570,29	14,86	589,63	13,82	3,3
31	0,6871	0,034	0,0853	0,002	527,54	14,15	546,14	14,35	3,4
32	0,6907	0,036	0,0856	0,002	529,66	12,20	548,66	28,90	3,5
33	3,4981	0,190	0,2627	0,006	1503,70	30,63	1558,95	11,35	3,5
34	0,6927	0,029	0,0857	0,002	530,00	14,25	553,29	18,91	4,2
35	0,6970	0,024	0,0861	0,002	532,62	11,99	555,77	11,69	4,2
36	0,7071	0,056	0,0871	0,002	538,39	13,57	562,35	20,16	4,3
37	0,6708	0,023	0,0833	0,002	515,76	11,59	544,97	17,16	5,4
38	0,7337	0,069	0,0894	0,002	551,81	12,17	587,04	32,97	6,0
39	0,6715	0,028	0,0831	0,002	514,81	11,01	551,55	41,20	6,7
40	0,6816	0,040	0,0840	0,002	519,96	13,91	561,42	22,80	7,4
41	0,7514	0,032	0,0907	0,003	559,83	18,98	606,08	29,92	7,6
42	0,9132	0,094	0,1047	0,004	642,12	21,08	716,13	12,08	10,3
43	0,7455	0,048	0,0890	0,002	549,57	12,11	630,66	39,10	12,9
44	0,6831	0,029	0,0828	0,002	513,01	11,73	596,89	35,19	14,1
45	0,7030	0,038	0,0845	0,002	522,65	11,35	616,84	46,94	15,3
46	0,6838	0,030	0,0825	0,002	511,14	11,64	607,25	35,92	15,8
47	0,8152	0,122	0,0944	0,003	581,73	17,20	694,80	8,4	16,3
48	0,6918	0,029	0,0826	0,002	511,74	10,91	629,60	29,55	18,7
49	0,8319	0,078	0,0951	0,003	585,44	16,81	723,77	37,02	19,1
50	0,9706	0,044	0,1064	0,002	651,73	14,51	811,65	57,39	19,7
51	0,8411	0,057	0,0952	0,002	586,32	13,74	743,79	37,28	21,2

Таблица 2

Результаты датирования обломочных цирконов

№ анализа	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ	Возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ	Возраст $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ	Дискордантность
Образец № 2126									
1	0,7752	0,244	0,0996	0,003	612,21	20,39	469,56	281,72	-30,0
2	0,7240	0,212	0,0933	0,003	575,12	19,68	463,19	277,80	-24,2
3	0,7806	0,450	0,0975	0,003	599,58	16,36	532,89	200,23	-12,5
4	0,8735	0,039	0,1061	0,002	649,90	14,27	593,50	39,35	-9,5
5	0,6897	0,033	0,0870	0,002	538,00	14,60	509,52	21,43	-5,6
6	2,2239	0,106	0,2045	0,006	1199,52	32,33	1168,76	10,98	-2,6
7	4,2847	0,225	0,3035	0,008	1708,68	40,84	1667,86	5,27	-2,4
8	0,7320	0,031	0,0907	0,002	559,70	14,57	549,72	27,47	-1,8
9	0,6923	0,022	0,0867	0,003	535,95	15,04	526,69	14,42	-1,8
10	0,6729	0,028	0,0845	0,002	523,06	14,45	519,94	21,38	-0,6
11	3,8962	0,195	0,2813	0,008	1598,01	38,64	1632,38	8,03	2,1
12	0,6724	0,028	0,0840	0,002	520,04	12,66	531,55	23,75	2,2
13	0,7054	0,061	0,0873	0,003	539,60	16,68	552,26	22,93	2,3
14	0,7004	0,039	0,0867	0,002	536,14	11,85	551,16	26,93	2,7
15	0,6787	0,037	0,0844	0,002	522,62	11,44	540,77	31,77	3,4
16	0,6789	0,034	0,0842	0,002	521,07	11,62	547,96	29,99	4,9
17	0,6777	0,032	0,0841	0,002	520,35	11,56	547,28	30,97	4,9
18	0,7332	0,040	0,0894	0,003	552,19	17,58	584,07	12,28	5,5
19	0,6866	0,043	0,0847	0,002	524,30	13,87	558,64	21,78	6,1
20	0,6786	0,033	0,0838	0,002	518,90	11,35	556,45	43,75	6,7
21	0,6801	0,035	0,0837	0,002	518,24	11,85	564,22	36,21	8,1
22	0,6912	0,033	0,0848	0,002	524,72	13,41	571,29	32,97	8,2
23	0,7109	0,034	0,0867	0,002	535,79	13,83	585,27	20,83	8,5
24	0,6881	0,033	0,0844	0,002	522,54	13,18	570,96	41,67	8,5
25	0,6876	0,037	0,0839	0,002	519,27	12,47	583,67	40,72	11,0
26	0,6837	0,033	0,0834	0,002	516,25	11,97	584,50	21,40	11,7
27	0,6817	0,031	0,0832	0,002	514,95	11,58	583,70	27,79	11,8
28	0,7748	0,045	0,0920	0,002	567,12	13,76	643,11	20,49	11,8
29	0,7302	0,066	0,0877	0,002	541,64	12,28	618,52	25,53	12,4
30	0,7320	0,040	0,0876	0,003	541,10	16,41	626,08	13,00	13,6
31	0,7331	0,042	0,0867	0,002	536,19	14,37	649,95	26,97	17,5
32	0,7743	0,156	0,0900	0,003	555,34	15,11	688,47	143,72	19,3
33	0,7261	0,037	0,0853	0,002	527,65	12,45	665,17	15,16	20,7
34	0,7679	0,061	0,0861	0,002	532,70	14,02	762,92	43,33	30,0

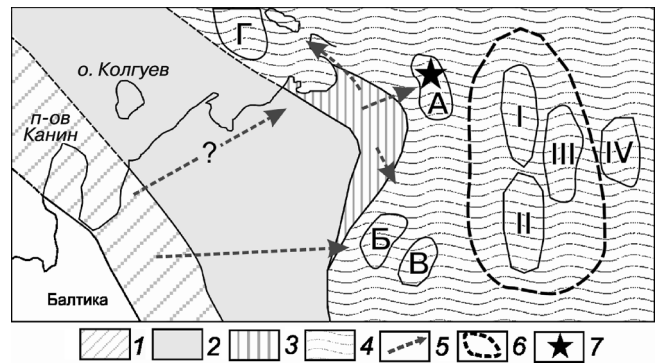
(верхняя часть бедамельской серии) формируются дациты и риолиты, а также габброиды, диориты и гранодиориты кызыгейского комплекса.

В позднем неопротерозое—раннем кембрии начались коллизионные процессы, приведшие к складчатым деформациям и Тиманскому орогенезу. Отражением орогенных процессов стало накопление вулканических молассоидов арканьрдской

свиты (Є₁). По-видимому, основным источником сноса для изученных свит служили близко расположенные и широко распространенные на территории Полярного Урала неопротерозойско—раннекембрийские островодужные комплексы бедамельской серии, а также кызыгейские интрузии [Сычев, Ивлева, 2015].

Рис. 6. Палеогеографическая схема Тиманской окраины Балтики (условно оставлена неподвижной) для позднего кембрия—раннего ордовика с указанием возможных путей транспортировки обломочного материала: 1 — Тиманский ороген; 2 — Печорская плита; 3 — бедамельские островодужные образования; 4 — пассивная окраина; 5 — предполагаемые пути транспортировки обломочного материала; 6 — террейны и микроконтиненты в составе Арктиды, по [Зоненшайн и др., 1987]; 7 — исследуемый регион.

Буквы — области аккумуляции пород: А — оюяхинской и талотинской свит; Б — манитанырдской серии; В — погурейской свиты; Г — сходных по возрасту отложений Новой Земли. Римские цифры — I — арх. Северная Земля; II — Западная Аляска; III — арх. Де-Лонга; IV — терреин Александр



При сопоставлении кумулятивных кривых изотопного возраста обломочных цирконов из исследованных нами образцов с данными из работы [Соболева и др., 2012], которые получены из разновозрастных отложений, расположенных южнее в карбонатной Елецкой (манитанырдская серия) и сланцевой Лемвинской (погурейская свита) зонах Полярного Урала, наблюдается слабая корреляция (рис. 5). В датированных образцах из южной части Полярного Урала присутствуют как позднепротерозойско-кембрийские зерна, так и многочисленны цирконы палео- и мезопротерозойского возраста [Соболева и др., 2012], которые единичны в изученных нами образцах. Для верхнекембрийско—нижеордовикских отложений манитанырдской серии и погурейской свиты источником сноса служили как магматические породы, связанные со становлением в позднем неопротерозое—раннем кембрии Тиманского орогена [Ивлева и др., 2016], так и более древние комплексы (рис. 6), тогда как для датированных нами образцов установлено, что основным источником сноса выступали бедамельские островодужные образования.

Проведенное сравнение распределения значений возраста обломочных цирконов из разновозрастных отложений Арктики выявило ряд закономерностей (рис. 5). Так, распределение возраста обломочных цирконов из терригенных

пород Байдарацкого аллохтона, архипелагов Новая Земля и Северная Земля весьма сходно. В то же время распределение обломочных цирконов из южных частей Лемвинской зоны показало схожесть с данными для разновозрастных отложений Западной Аляски, арх. Новосибирские острова (арх. Де-Лонга) и Кордильер Северной Америки (терреин Александр). Это позволяет уточнить реконструкции для кембрия—раннего ордовика [Miller et al., 2011; Beranek et al., 2013; Ershova et al., in print] и расположить в палеорекострукции в настоящее время пространственно разобщенные террейны вдоль Тиманской окраины Балтики.

Заключение. В результате исследований уточнен возраст пород оюяхинской свиты и определен как позднекембрийско-раннеордовикский. Показано, что для базальных горизонтов уралид Полярного Урала характерны разные источники сноса кластического материала, для южных частей региона транспортировка обломочного материала осуществлялась в основном с Тиманского орогена, а для северных — с бедамельской серии островодужного генезиса. По результатам статистической обработки результатов датирования цирконов осадочных пород позднего кембрия—раннего ордовика арктических областей выявлено сходство источников сноса для Байдарацкого аллохтона, архипелагов Новая Земля и Северная Земля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Западно-Сибирская. Лист R-42 (п-ов Ямал). ВСЕГЕИ, 2015.

Душин В.А., Сердюкова О.П., Малюгин А.А. и др. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:200 000. 2-е изд. Сер. Полярно-Уральская. Листы R-42-XXXI, XXXII (Байдарацкая площадь). Объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004.

Ершова В.Б., Прокопьев А.В., Худoley А.К. и др. Результаты U-Pb LA-ICP-MS датирования обломочных цирконов из метатерригенных пород фундамента Северо-Карского бассейна // Докл. РАН. 2015. Т. 464, № 4. С. 444–447.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Кононов М.В. Абсолютные реконструкции положения континентов в палеозое и раннем мезозое // Геотектоника. 1987. № 3. С. 16–27.

Ивлева А.С., Подковыров В.Н., Ершова В.Б. и др. Результаты U-Pb LA-ICP-MS датирования обломочных цирконов из верхневендско-нижекембрийских отложений востока Балтийской моноклизы // Докл. РАН. 2016. Т. 468, № 4. С. 441–446.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

Самыгин С.Г., Буртман В.С. Тектоника Урала: сравнение с Тянь-Шанем // Геотектоника. 2009. № 2. С. 57–77.

Соболева А.А., Кузнецов Н.Б., Миллер Э.Л. и др. Первые результаты U/Pb-датирования детритных цирконов из базальных горизонтов уралид (Полярный Урал) // Докл. РАН. 2012. Т. 445, № 5. С. 570–576.

Сычев С.Н., Ивлева А.С. Тектоно-магматические события севера Урала и Пай-Хоя в доюрское время //

Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: Мат-лы III всеросс. молодежной науч. конф. Улан-Удэ, 2015. С. 91–94.

Херасков Н.П. Принципы составления тектонических карт складчатых областей на примере Южного Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1948. № 5. С. 121–134.

Хераскова Т.Н., Буш В.А., Диденко А.Н., Самыгин С.Г. Распад Родинии и ранние стадии развития Палеоазиатского океана // Геотектоника. 2010. № 1. С. 5–28.

Шишкин М.А., Файбусович Я.Э., Шкарубо С.И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Западно-Сибирская. Лист R-42 (п-ов Ямал). Объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 2015.

Amato J.M., Toro J., Miller E.L. et al. Late Proterozoic–Paleozoic evolution of the Arctic Alaska–Chukotka terrane based on U–Pb igneous and detrital zircon ages: implications for Neoproterozoic paleogeographic reconstructions // Geol. Soc. Amer. Bull. 2009. Vol. 121. P. 1219–1235.

Beranek L.P., Van Staal C.R., McClelland W.C. et al. Baltican crustal provenance for Cambrian–Ordovician sandstones of the Alexander terrane, North American Cordillera: evidence from detrital zircon U–Pb geochronology and Hf isotope geochemistry // J. Geol. Soc. 2013. Vol. 170, N 1. P. 7–18.

Ershova V.B., Lorenz H., Prokopyev A.V. et al. The De Long Islands: A missing link in unraveling the Paleozoic paleogeography of the Arctic // Gondwana Res. 2015. DOI: 10.1016/j.gr.2015.05.016.

Gehrels G. Detrital zircon U–Pb geochronology: current methods and new opportunities // Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances. Blackwell Publishing Ltd., 2012. P. 47–62.

Lorenz H., Gee D.G., Korago E. et al. Detrital zircon geochronology of Palaeozoic Novaya Zemlya — a key to understanding the basement of the Barents Shelf // Terra Nova. 2013. Vol. 25, N 6. P. 496–503.

Lorenz H., Gee D.G., Simonetti A. Detrital zircon ages and provenance of the Late Neoproterozoic and Palaeozoic successions on Severnaya Zemlya, Kara Shelf: a tie to Baltica // Norw. J. Geol. 2008. Vol. 88. P. 235–258.

Miller E.L., Kuznetsov N., Soboleva A. et al. Baltica in the Cordillera? // Geology. 2011. Vol. 39. P. 791–794.

Pease V., Scott R.A. Crustal affinities in the Arctic Uralides, northern Russia: significance of detrital zircon ages from Neoproterozoic and Palaeozoic sediments in Novaya Zemlya and Taimyr // J. Geol. Soc. 2009. Vol. 166. P. 517–527.

Поступила в редакцию
17.03.2017