

УДК 551.72(051)(481–922.1)

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗОТОПНОГО U–Pb-ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТНЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ СРЕДНЕРИФЕЙСКИХ (ВЕРХНЕМЕЗОПРОТЕРОЗОЙСКИХ) КВАРЦИТОВ ТОЛЩИ ГУЛЛИКСЕНФЬЕЛЛЕТ (ЮЖНАЯ ЧАСТЬ ЗЕМЛИ ВЕДЕЛЯ ЯРЛЬСБЕРГА, ШПИЦБЕРГЕН)

© 2018 г. Н. Б. Кузнецов^{1,2,*}, Т. В. Романюк^{2,3}, Е. А. Белоусова⁴

Представлено академиком РАН Ю.Г. Леоновым 29.09.2015 г.

Поступило 30.09.2015 г.

Представлены первые результаты изотопного U–Pb-датирования (LA–ICP–MS) детритных цирконов из метаосадочных пород преддевонского фундамента ЮЗ части о. Западный Шпицберген (из среднерифейских (верхнемезопротерозойских) кварцитов толщи Гулликсенфьеллет), которые показали возрасты от 1700 ± 25 до 2948 ± 27 млн лет.

DOI: 10.7868/S0869565218080121

Начиная с работ О. Куллинга [10] вплоть до поздних работ Б. Харланда [7], додевонские образования арх. Свальбард (о. Зап. Шпицберген и рядом расположенные крупные и мелкие острова) объединяют в супергруппу Гекла Хук. Выступы этих комплексов прослежены вдоль всего западного побережья о. Зап. Шпицберген и также на его севере, в том числе на п-ове Новая Фрисландия. Кроме того, ими сложен о. Принца Карла и значительная часть о. Северо-Восточная Земля и рядом расположенных мелких островов. В настоящее время достигнуты значительные успехи в изучении многих аспектов строения и состава додевонских комплексов Свальбарда ([12–14] и ссылки в них). При этом участвующие в их строении (мета)осадочные породы очень слабо охарактеризованы данными о возрастах содержащихся в них детритных цирконов (dZr). Известны лишь немногочисленные работы по этой теме [1, 8]. В нашей работе приведены первые результаты изотопного U–Pb-датирования dZr, извлечённых из кварцитов среднерифейской (верхнемезопротерозойской) толщи Гулликсенфьеллет, распространённой в южной части Земли Веделя Ярльсберга (ЗВЯ) (рис. 1).

Основы современных представлений о геологическом строении южной части ЗВЯ заложены в 60-х годах XX в. польским исследователем В. Смуликовским. В 80-х – начале 90-х годов XX в. детальные геологические исследования здесь проводили две группы польских геологов, составивших качественные геологические карты м-ба 1:100 000 [5], 1:25 000 [6], на которых позднедокембрийские образования расчленены по лито(петро)-стратиграфическому принципу.

В настоящее время установлено, что поле распространения докембрийских образований на юге ЗВЯ расчленено широкой (2 км) зоной разлома Вимсодден-Косибассет [14] северо-западного простирания на две части – ЮЗ и СВ домены [6, 13, 14], в которых распространены преимущественно породы амфиболитовой и зеленосланцевой фации метаморфизма соответственно. В ЮЗ домене докембрийские образования дислоцированы в крупные сопряжённые складчатые формы СЗ–ЮВ простирания с СЗ погружением шарниров (рис. 1) и расчленены на две группы: Исбернхамна и Эймфьеллет. Породы группы Исбернхамна, занимающие нижнее структурное положение, ранее относили к нижнему протерозою (палеопротерозою) или даже архею [5, 6]. В настоящее время на основании новых данных они отнесены к верхнему рифею – нижнему венду (среднему неопротерозою) [12]. Занимающие более высокий структурный уровень породы группы Эймфьеллет на основании датирования цирконов из участвующих в строении этой группы метагранитов и матагаббродов (~1,2 млрд лет ([4, 12] и ссылки во второй

¹Геологический институт Российской Академии наук, Москва

²Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва

³Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской Академии наук, Москва

⁴Australian Research Council Centre of Excellence for Core to Crust Fluid Systems and GEMOC, Macquaria University, Sydney, Australia

*E-mail: kouzniebor@mail.ru

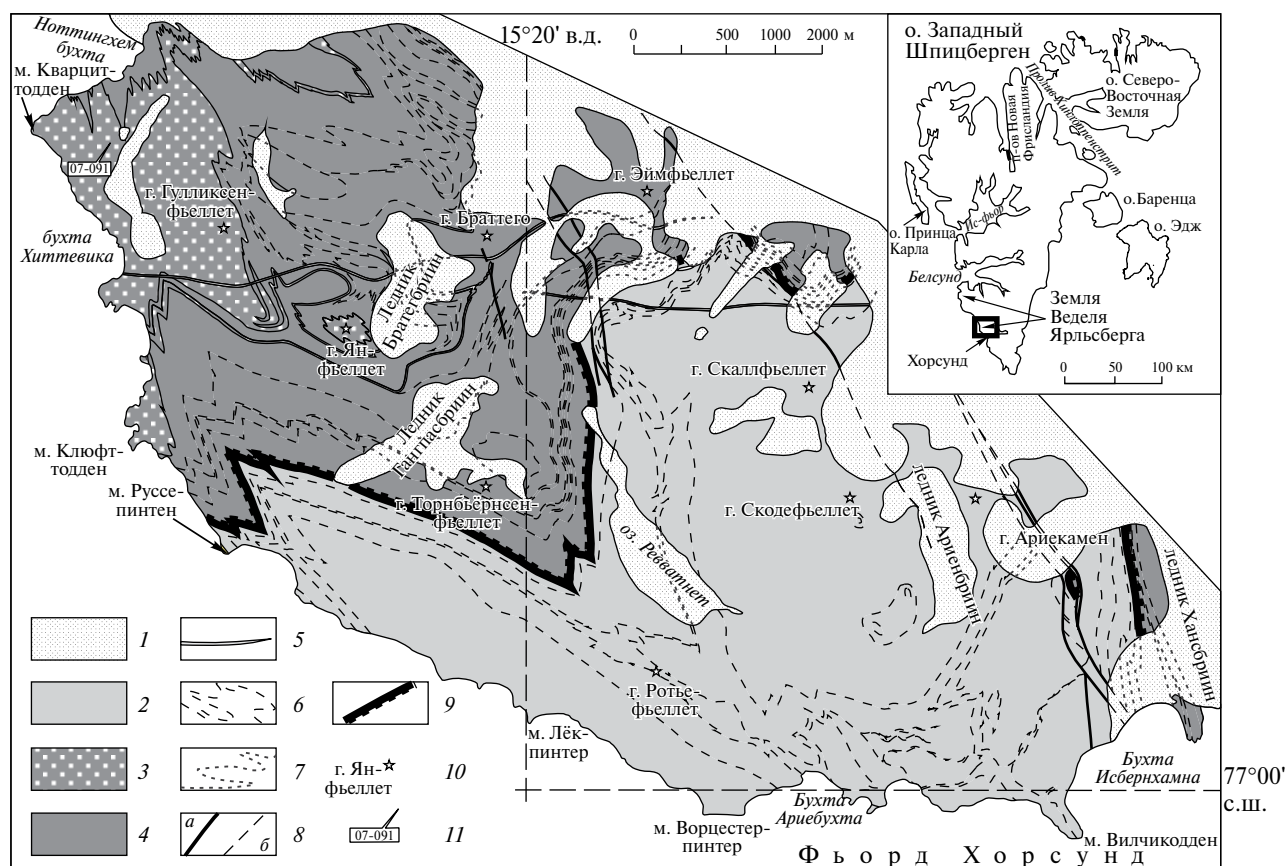


Рис. 1. Схематическая геологическая карта ЮЗ домена южной части Земли Ведела Ярльсберга. Составлена на основе карты [6] и полевых наблюдений Н.Б. Кузнецова. Врезка: контур архипелага Свальбард и положение карты. 1 – ледники и современные моренные, озёрные накопления; 2 – верхнерифейско-нижневендская (среднепротерозойская) группа Ислерхамна; 3, 4 – среднерифейская (верхнемезопротерозойская) группа Эймфьеллет: 3 – толща кварцитов Гуликсенфьеллет, 4 – залегающие ниже кварцитов Гуликсенфьеллет образования группы Эймфьеллет (объединённые); 5 – дайки мезозойских базитов; 6, 7 – структурные линии – границы геологических тел внутри групп Ислерхамна и Эймфьеллет: 6 – достоверные, 7 – предполагаемые под ледниками и современными моренными и озёрными накоплениями; 8 – разломы достоверные (а) и предполагаемые под ледниками и современными моренными и озёрными накоплениями (б); 9 – надвиг – поверхность тектонического соотношения пород среднерифейской (верхнемезопротерозойской) группы Эймфьеллет и структурно подстилающих их пород (занимающих более низкое структурное положение) верхнерифейско-нижневендской (среднепротерозойской) группы Ислерхамна; 10 – вершины гор и их названия; 11 – место отбора пробы 07-091.

работе) считаются среднерифейскими (мезопротерозойскими) [5, 6]. Новое понимание возраста пород групп Ислерхамна означает, что породы группы Эймфьеллет надвинуты на породы группы Ислерхамна.

Верхний литостратиграфический элемент группы Эймфьеллет, представленный преимущественно кварцитами, выделяется как толща Гуликсенфьеллет [5, 6]. Кварциты толщи Гуликсенфьеллет изредка расслоены невыдержанными горизонтами серицитовых кварцитосланцев и зелёных сланцев [6]. На основании результатов геохимических исследований И. Черный показал, что зелёные сланцы – метаморфизованные мафические магматиты, аналогичные метабазитам, залегающим среди пород других единиц (толщ) группы Эймфьеллет, и в том числе тех, для

которых изотопными методами обоснован поздне-мезопротерозойский (~1,16–1,2 млрд лет) возраст [4, 12].

Проба 07-091 – один изометричный кусок (штуф) начальной массы ~1,5 кг – была отобрана (в точке с координатами 77°03'41,4", 15°08'04,8" в.д. на тропе, соединяющей дом в бух. Хиттевика и научную станцию им. С. Барановского Вроцлавского университета) из горизонта белого сахаровидного кварцита с едва заметной реликтовой крупной ко-сой слоистостью. Этот горизонт участвует в строении фрагмента разреза толщи Гуликсенфьеллет, обнажённого к юго-западу от м. Кварциттоппен.

Проба была раздроблена вручную (в чугунной ступе) и отмыта в проточной воде до “серого

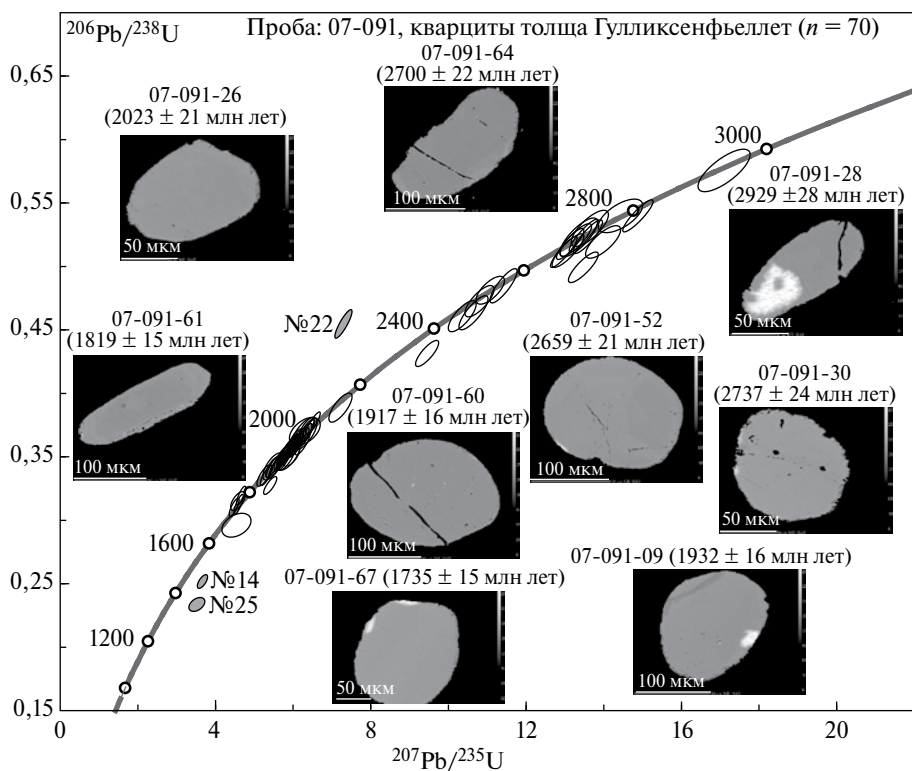


Рис. 2. Диаграмма с конкордией для цирконов из кварцитов Гуликсенфьеллет (проба 07-091). Анализы с дискордантностью >10% (14; 22; 25) — серая заливка. По краям диаграммы показаны выборочные BSE-изображения изученных цирконов, их номера и возраст.

шлиха”, из которого с применением бромформы в ГИН РАН был получен концентрат тяжёлых минералов (циркон, рутил и некоторые другие непрозрачные минералы). Дальнейшее извлечение цирконов и аналитические исследования 67 зёрен были проведены Е.А. Белоусовой в Центре Гемок (GEMOC) университета Маквори (г. Сидней, Австралия). Изучение (LA-ICP-MS) изотопной U—Pb-системы цирконов проводили с помощью лазерно-абляционной системы LUV213 ($\lambda = 213$ нм) (New Wave/Merchantek) в сочетании с Agilent 7500cs ICP-MS. Измеренные величины параметров изотопной U—Pb-системы обрабатывали с помощью программы “Isoplot”.

Цирконы из пробы 07-091 имеют довольно крупные размеры и очень высокую степень окатанности. Они характеризуются цветами от темно-розового до пурпурного—малинового. На BSE/CL-изображениях большинства изученных цирконов зональное строение устанавливается неотчётливо и только у нескольких зёрен видны оболочки вокруг ядер.

Всего сделано 70 изотопных U—Pb-анализов по 67 dZr. Получены значительные вариации Th/U-отношений, что косвенно свидетельствует о магматическом происхождении изученных dZr. На основании проведённых анализов вычислены изотопные

U—Pb-возрасты, которые в подавляющем большинстве показали хорошие конкордантные значения (рис. 2). Однако для анализов с номерами 14, 22, 25 были получены оценки дискордантности, превышающие величину $\pm 10\%$. Эти анализы были исключены из дальнейших рассмотрений. Для остальных 67 анализов изотопные U—Pb-возрасты (вычисленные по $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, так как все они древнее 1 млрд лет) образуют ряд от 1700 ± 25 до 2948 ± 27 млн лет и группируются в несколько популяций. Самая многочисленная популяция характеризуется значениями возрастов в диапазоне от 1849 ± 26 до 2036 ± 22 млн лет с весьма интенсивным пиком на кривой плотности вероятности ~ 1972 млн лет. Остальные датировки группируются в популяции существенно менее значимые в количественном смысле, представленные всего 4–7 dZr каждая, с менее выразительными пиковыми значениями на кривой плотности вероятности: 1730; 2530; 2705; 2804 млн лет (рис. 3). Датировки в интервале 2,2–2,4 млрд лет отсутствуют. Схожий характер распределения возрастов dZr фиксируется для метасаммитов протерозойской толщи Полен (Polhem Fm.), распространённой на севере п-ова Новая Фрисландия [8], а также для позднедокембрийских толщ разных районов Арктики. В Северной Гренландии — это толща Иннуит Сё [9], в Арктической Канаде — толща Кеннеди Ченел [3],

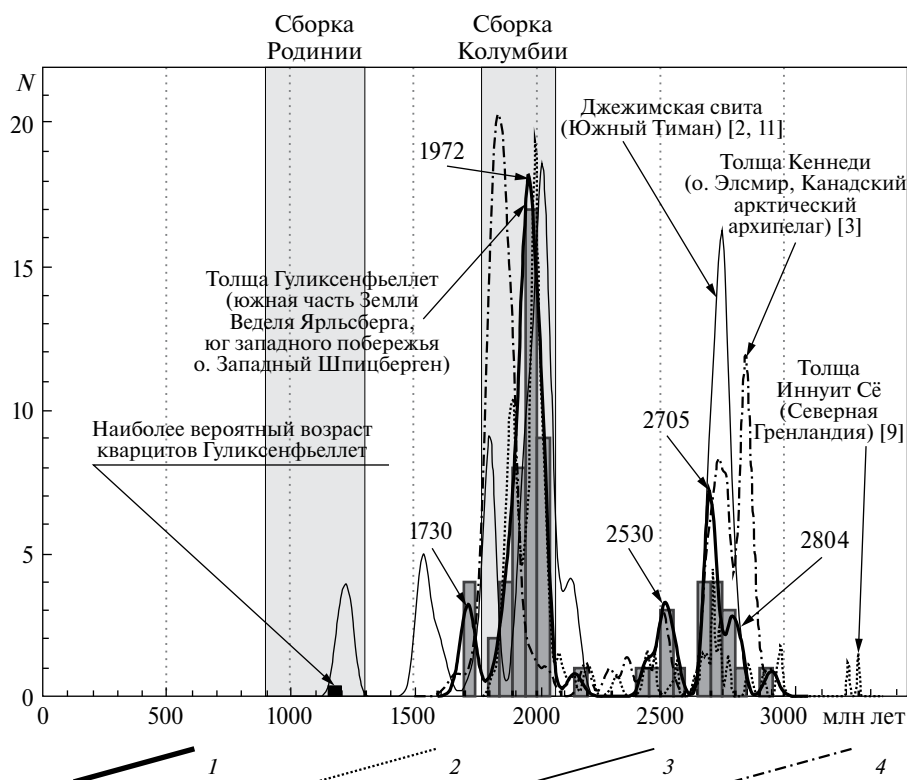


Рис. 3. Гистограмма (серые прямоугольники) и кривая плотности вероятности (толстая линия) возрастов детритных цирконов из кварцитов Гуликсенфьеллет (проба 07-091). Дополнительно показаны кривые плотности вероятности возрастов детритных цирконов из примерно одновозрастных толщ арктического региона. 1–4 – кривые плотности вероятности возрастов детритных цирконов из: 1 – кварцитов Гуликсенфьеллет (проба 07-091), 2 – песчаников толщи Иннуит Сё в Северной Гренландии [9], 3 – песчаников толщи Кеннеди Ченел на о. Элсмир Канадского арктического архипелага [3], песчаников джежимской свиты Южного Тимана [2,11].

в комплексах чехла северо-восточной периферии Восточно-Европейской платформы (Мезенский бассейн) – бурсовская свита [11], в Тимано-Печорском регионе (увал Джежим-Парма, Южный Тиман) – джежимская свита [2]. Для кривых плотности вероятности, характеризующих наборы возрастов dZr из пород всех этих толщ, характерен доминирующий пик в 1,8–2,0 млрд лет, т.е. пик, соответствующий времени сборки позднепалеопротерозойского-мезопротерозойского суперконтинента Колумбия ([15] и др.), а также “провалы” в 2,2–2,4 млрд лет и полное отсутствие цирконов мезопротерозойского возрастного диапазона (слабая представленность мезопротерозойских возрастов фиксируется только для джежимской свиты).

Хорошая окатанность dZr из кварцитов Гуликсенфьеллет свидетельствует о длительном участии dZr в седиментационном процессе, а наличие архейских зёрен доказывает, что континент, на окраине или в пределах которого накапливались эти обломочные толщи, включал в себя древнейшие кратоны Земли. Согласно имеющимся палеотектоническим реконструкциям в это время все крупные коровые блоки, включая упомянутые

выше арктические, участвовали в строении суперконтинента Родиния. Поэтому наиболее логично считать, что коровый блок, являющийся источником обломочного материала для кварцитов Гуликсенфьеллет, был частью Родинии.

К концу рифея процесс сборки этого суперконтинента уже прошёл кульминацию и сутурировавшие его коллизионные мезопротерозойские орогены (такие как Гренвильский, Свеко-Норвежский и др.) активно разрушались. Однако мезопротерозойские цирконы не обнаружены в кварцитах Гуликсенфьеллет, что свидетельствует о наиболее вероятном расположении бассейна их седиментации вне потоков (на удалении?), по которым шла транспортировка эрозионных продуктов разрушения мезопротерозойских орогенов, сутурировавших Родинию.

В соответствии с очень популярной точкой зрения (например, [7]), разные части арх. Свальбард – разнородные экзотические террейны, совмещённые в результате посткаледонских крупноамплитудных левых сдвигов. Однако сходство наборов возрастов dZr из кварцитов Гуликсенфьеллет

с наборами возрастов dZr из вышеуказанных примерно одновозрастных толщ арктического региона (в том числе и севера о. Зап. Шпицберген) может указывать на то, что в позднем рифее — раннем неопротерозое все эти толщи накапливались в едином обширном эпиконтинентальном бассейне за счёт аккумуляции продуктов размыва одной и той же питающей провинции. Этот бассейн мог быть бассейном на пассивной континентальной окраине (наиболее вероятно) либо внутриконтинентальным бассейном (менее вероятно, исходя из современной тектонической позиции Свальбарда и известных палеотектонических реконструкций) Родинии. В любом случае такой вывод накладывает весьма существенные ограничения на доминирующие представления о том, что додевонское основание Свальбарда состоит из пространственно совмещённых экзотических террейнов.

Авторы благодарны коллегам из Университета науки и технологии И. Черны, М. Манеcki, Я. Майка (AGH, Краков, Польша), пригласившим Н.Б. Кузнецова к участию в полевых исследованиях на ЗВЯ. Исследования по теме гос. задания — 0135—2016—0009 ГИН РАН. Аналитические исследования выполнены с помощью оборудования, спонсируемого DEST Systemic Infrastructure Grants, ARC LIEF, NCRIS/Au Scope, промышленных партнеров и университета Маквора. Публикация № 1053 the ARC Centre of Excellence for Core to Crust Fluid Systems (<http://www.ccfs.mq.edu.au>) и № 1202 the GEMOC Key Centre (<http://www.gemoc.mq.edu.au>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костева Н.Н., Кузнецов Н.Б., Тебенков А.М., Романюк Т.В. Первые результаты изотопного U/Pb-датирования (LA-ICP-MS) детритных цирконов из нижнего палеозоя Шпицбергена // ДАН. 2014. Т. 455. № 3. С. 305—312.
2. Кузнецов Н.Б., Натапов Л.М., Белоусова Е.А., Гриффин У.Л., О'Рейли С., Куликова К.В., Соболева А.А., Удоротина О.В. Первые результаты U/Pb-датирования и изотопно-геохимического изучения детритных цирконов из позднекембрийских песчаников Южного Тимана (увал Джем-Парма) // ДАН. 2010. Т. 435. № 6. С. 798—805.
3. Anfinson O.A., Leier A.L., Embry A.F., Dewing K. Detrital Zircon Geochronology and Provenance of the Neoproterozoic to Late Devonian Franklinian Basin, Canadian Arctic Islands // GSA Bull. 2012. V. 124. № 3/4. P. 415—430.
4. Balashov Ju.A., Tebenkov A.M., Peacat J.J. Rb-Sr Whole Rock and U-Pb Zircon Datings of the Granitic-Gabbroic Rocks from the Skalfjellet Subgroup, Southwest Spitsbergen // Polar Res. 1996. V. 15. P. 167—181.
5. Birkenmajer K. Geology of the Hornsund area, Spitsbergen. Geological map 1:75 000, with Explanations. Praga: Polish Acad. Sci.; Committee on Polar Res. and Silesian Univ., 1990. 42 p. (+ Map).
6. Czerny J., Kieres A., Manechki M., Rajchel J. Geological Map of the SW Part of Wedel Jarlsberg Land, Spitsbergen 1:25 000 Cracow: Inst. of Geol. and Mineral Deposits. 1993. 61 p.
7. Harland W.B. The Geology of Svalbard // Mem. Geol. Soc. London. 1997. V. 17. P. 521.
8. Hellman F., Gee D.G., Johansson A., Witt-Nilsson P. Single-zircon Pb Evaporation Geochronology Constrains Basement-Cover Relationships in the Lower Hecla Hoek Complex of Northern Ny Friesland, Svalbard // Chem. Geol. 1997. V. 137. P. 117—134.
9. Kirkland C.L., Pease V., Whitehouse M.J., Ineson J.R. Provenance Record from Mesoproterozoic—Cambrian Sediments of Peary Land, North Greenland: Implications for the Ice-Covered Greenland Shield and Laurentian Palaeogeography // Precamb. Res. 2009. V. 170. P. 43—60.
10. Kulling O. Scientific results of the Swedish—Norwegian Arctic Expedition in the summer of 1931. P. XI. The Hecla Hock Formation round Hinlopenstredet // Geograf. Anna. 1934. V. 16. P. 161—254.
11. Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Alekseev A.S., Romanuk T.V. New Data on Detrital Zircons from the Sandstones of Lower Cambrian Brusov Formation (White-Sea Region, East-European Craton): Unraveling the Timing of the Onset of the Arctica-Baltica Collision // Intern. Geol. Rev. 2014. V. 56. № 16. P. 1945—1963.
12. Majka J., Be'eri-Shlevin Y., Gee D.G., Czerny J., Frei D., Ladenberger A. Torellian (c. 640 Ma) Metamorphic Overprint of Tonian (c. 950 Ma) Basement in the Caledonides of Southwestern Svalbard // Geol. Mag. 2014. V. 151. № 4. P. 732—748.
13. Majka J., Mazur S., Manecki M., Czerny J., Holm D.K. Late Neoproterozoic Amphibolite-Facies Metamorphism of a pre-Caledonian Basement Block in Southwest Wedel Jarlsberg Land, Spitsbergen: New Evidence from U—Th—Pb Dating of Monazite // Geol. Mag. 2008. P. 1—9.
14. Mazur S., Czerny J., Majka J., Manecki M., Holm D.K., Smyrak A., Wypych A. A Strike-Slip Terrane Boundary in Wedel Jarlsberg Land, Svalbard, and Its Bearing on Correlations of SW Spitsbergen with the Pearya Terrane and Timanide Belt // J. Geol. Soc. 2009. V. 166. P. 529—544.
15. Zhao G., Cawood P.A., Wilde S.A., Sun M. Review of Global 2.1—1.8 Ga Orogens: Implications for a pre-Rodinia Supercontinent // Earth-Sci. Revs. 2002. V. 59. P. 125—162.