ISSN 2078-502X 🔘 🛈



2024 VOLUME 15 ISSUE 2 ARTICLE 0755

DOI: 10.5800/GT-2024-15-2-0755

BOUNDARY BETWEEN THE TIMANIAN AND URALIAN TECTONIC CYCLES: **RESULTS OF DATING OF DETRITAL ZIRCONS FROM BASAL HORIZONS OF THE LOWER PALEOZOIC** SYNRIFT COMPLEX OF THE POLAR URALS, AND IGNEOUS ROCK AGE DATA REPORT

A.A. Soboleva ¹×, N.Yu. Nikulova ¹, V.B. Khubanov ²

¹Institute of Geology, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 54 Pervomaiskaya St, Syktyvkar 167982, Russia

² Dobretsov Geological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 6a Sakhyanova St, Ulan-Ude 670047, Republic of Buryatia, Russia

ABSTRACT. The Upper Cambrian-Lower Ordovician terrigenous strata, unconformably overlying the Upper Riphean-Vendian rocks of the Timanide orogen in the north of the Urals, and contemporaneous bimodal volcanics and intrusive rocks are considered complexes marking the beginning of rifting which led to the opening of the Paleo-Ural Ocean later on. The article presents the results of U-Pb (LA-ICP-MS) dating of detrital zircons from sandstones lying at the base of the section of the rift complex in the Malaya Usa River basin in the Polar Urals. It was found that the clastic sequence (identified as the Khoydyshor formation) began to accumulate no earlier than the Cambrian-Ordovician transition. Zircon ages fall within the continuous Vendian to Early Ordovician (575–478 Ma) interval with peak at 512 Ma. This age range overlaps with the age of rhyolites interlayered conformably with sandstones and rhyolite porphyry dikes intruding the Khoydyshor formation, thus indicating a possible admixture of products of synsedimentary volcanism. A narrow zircon age pattern allows us to conclude that the main sources of detrital zircons in sandstones were the Early-Middle Cambrian igneous rocks formed at the stage of pre-rift uplift, and, to a lesser extent, the Late Cambrian-Early Ordovician riftogenic magmatic complexes, marking the beginning of the Uralian tectonic cycle, as well as the Late Vendian igneous rocks of the underlying Timanide orogen. Judging by the Th/U ratio, most of the detrital zircons within the sandstones were derived from the Early Paleozoic silicic volcanic and hypabyssal rocks and the Vendian granitoids and diorites. The almost complete absence of older grains, which are typical of coeval sandstones of the northern part of the Urals, may indicate the accumulation of the considered sandstones in a local trough with local clastic material sources. Probability density estimation of U-Pb ages for zircon from igneous and metamorphic rocks of the Polar Urals indicates that there were no gaps in the Late Riphean to Early Ordovician endogenous activity in this region. The main peaks occur at 552, 521 and 500 Ma, and an additional peak – at 665 Ma. The results of dating of detrital zircons from sandstones of the Khoydyshor formation together with the database of U-Pb isotope ages of igneous and metamorphic rocks of the Polar Urals (119 items), compiled by the authors, indicate that the change in geodynamic regime from collisional orogenesis in the Late Vendian to the Early-Middle Cambrian pre-rift uplift and following Late Cambrian rifting was not accompanied by a longterm discontinuity in magmatic activity.

KEYWORDS: Upper Cambrian; Lower Ordovician; continental rifting; Uralides; Timanides; Polar Urals; sandstones; detrital zircon; U-Pb age

FUNDING: The work was carried out within the framework of the research projects of the IG Komi SC UB RAS (122040600012-2, 122040600013-9).



RESEARCH ARTICLE

Correspondence: Anna A. Soboleva, aa_soboleva@mail.ru

Received: January 10, 2023 Revised: January 10, 2024 Accepted: January 11, 2024

FOR CITATION: Soboleva A.A., Nikulova N.Yu., Khubanov V.B., 2024. Boundary between the Timanian and Uralian Tectonic Cycles: Results of Dating of Detrital Zircons from Basal Horizons of the Lower Paleozoic Synrift Complex of the Polar Urals, and Igneous Rock Age Data Report. Geodynamics & Tectonophysics 15 (2), 0755. doi:10.5800/GT-2024-15-2-0755

РУБЕЖ ТИМАНСКОГО И УРАЛЬСКОГО ЦИКЛОВ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ: РЕЗУЛЬТАТЫ ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТОВОГО ЦИРКОНА ИЗ БАЗАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТОВ НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО СИНРИФТОВОГО КОМПЛЕКСА ПОЛЯРНОГО УРАЛА, СВОДКА ОПУБЛИКОВАННЫХ ДАННЫХ О ВОЗРАСТЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

А.А. Соболева¹, Н.Ю. Никулова¹, В.Б. Хубанов²

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, 54, Россия

² Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, Республика Бурятия, Россия

АННОТАЦИЯ. Верхнекембрийско-нижнеордовикские терригенные толщи, несогласно залегающие на верхнерифейских – вендских породах орогена Тиманид на севере Урала, и одновозрастные с ними бимодальные вулканиты и интрузивные породы считаются комплексами, маркирующими начало рифтогенеза, который в дальнейшем привел к формированию Палеоуральского океана. В статье приводятся результаты U-Pb (LA-ICP-MS) датирования детритового циркона из песчаников, залегающих в основании разреза рифтогенного комплекса в бассейне р. М. Уса на Полярном Урале. Установлено, что обломочная толща (выделяемая в хойдышорскую свиту) начала накапливаться не ранее рубежа кембрия и ордовика. Диапазон возрастных датировок охватывает непрерывный интервал венд – ранний ордовик (575–478 млн лет) с пиковым значением 512 млн лет. Этот диапазон перекрывается с возрастом риолитов, согласно залегающих среди песчаников, и даек риолит-порфиров, прорывающих хойдышорскую свиту, что указывает на возможную примесь продуктов конседиментационного вулканизма. Узкий интервал датировок позволяет заключить, что главными источниками обломочного материала циркона для песчаников служили ранне- и среднекембрийские магматические породы, сформированные на стадии предрифтового поднятия, в меньшей степени – позднекембрийско-раннеордовикские рифтогенные образования, маркирующие начало уральского тектонического цикла, а также поздневендские магматические породы подстилающего орогена Тиманид. Судя по величине Th/U большая часть детритового циркона поступила в песчаники из раннепалеозойских вулканических и гипабиссальных пород кислого состава и вендских гранитоидов и диоритов. Практически полное отсутствие зерен с более древним возрастом, характерных для одновозрастных песчаников севера Урала, может свидетельствовать о накоплении рассматриваемых песчаников в локальном прогибе с местными источниками кластики. График плотности распределения значений U-Pb возраста циркона из магматических и метаморфических пород Полярного Урала свидетельствует о непрерывности эндогенной активности в регионе с позднего рифея по ранний ордовик. Главные пики отмечаются на рубежах 552, 521 и 500 млн лет, дополнительный пик – 665 млн лет. Результаты датирования детритового циркона из песчаников хойдышорской свиты в совокупности с составленной авторами базой данных U-Pb изотопных датировок магматических и метаморфических пород Полярного Урала (119 шт.) свидетельствуют о том, что смена геодинамического режима от коллизионного орогенеза в позднем венде к раннесреднекембрийскому предрифтовому поднятию и последующему позднекембрийскому рифтогенезу не сопровождалась заметным перерывом в магматической активности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: верхний кембрий; нижний ордовик; континентальный рифтогенез; уралиды; тиманиды; Полярный Урал; песчаники; детритовый циркон; U-Pb возраст

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Работы проводились в рамках тем НИР ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (122040600012-2, 122040600013-9).

1. ВВЕДЕНИЕ

На современном Полярном Урале выходят на поверхность комплексы эпипалеозойского Уральского орогена, образовавшегося при закрытии Палеоуральского океана во время ассамблирования северной части Пангеи [Zonenshain et al., 1990; Ivanov, 1998; Puchkov, 2010; и др.]. В составе Уральского орогена выделяют Западно-Уральскую и Восточно-Уральскую палеозойские мегазоны (рис. 1), разделенные зоной Главного Уральского надвига – сутурой, по которой преимущественно палеозойские осадочные, вулканические и плутонические комплексы Восточно-Уральской мегазоны надвинуты на образования Западно-Уральской мегазоны [Ivanov et al., 1986; Puchkov, 2010; и др.]. В строении Западно-Уральской мегазоны принимают участие осадочные толщи с небольшим количеством магматических пород основного и кислого состава, относящиеся к палеозойскому структурному этажу, соответствующему развитию уралид [Kheraskov, 1948], и позднедокембрийские магматические, вулканогенно-осадочные и осадочные образования предыдущего тектонического цикла, завершившегося формированием орогена Тиманид (Доуралид, Протоуралид-Тиманид) [Kuznetsov et al., 2006, 2007; Puchkov, 1997; Kheraskov, 1948; Shatsky, 1

2

3

4

5



Рис. 1. Упрощенная тектоническая схема Уральского складчатого пояса.

1 – мезозойско-кайнозойские отложения чехла Восточно-Европейской платформы и Западно-Сибирской плиты; 2-3 – Западно-Уральская мегазона: 2 – палеозойские комплексы,
3 – доордовикские комплексы Центрально-Уральского поднятия; 4 – Восточно-Уральская мегазона; 5 – Главный Уральский надвиг. Красной рамкой выделена область Полярного
Урала. Цифры в кружках: 1 – Хараматолоуское поднятие, 24 – Собское поднятие: 2 – Енганепэйский, 3 – Манитанырд-Пайпудынский, 4 – Харбейский выступы, 5 – Оченырдское поднятие.

Fig. 1. Simplified tectonic scheme of the Ural fold belt.

1 – Mesozoic–Cenozoic cover of the East European platform and the West Siberian plate; 2–3 – West Ural megazone: 2 – Ordovician – Late Paleozoic complexes, 3 – Pre-Ordovician complexes of the Central Ural uplift; 4 – East Ural megazone; 5 – Main Ural thrust. The red-framed section is an area of the Polar Urals. Numbers in circles: 1 – Kharamatolou uplift, 2–4 – Sob' uplift: 2 – Enganepe, 3 – Manitanyrd-Paipudyna, 4 – Kharbey uplifts, 5 – Ochenyrd uplift. 1946] северо-западного (в современных координатах) простирания. Начиная с работ [Gafarov, 1963; Zhuravlev, Gafarov, 1959; Kheraskov, Perfiliev, 1963] считается, что на Полярном Урале, граничащем на западе с Печорской плитой, в строении Западно-Уральской мегазоны принимают участие комплексы фундамента Печорской плиты (тиманиды), выведенные в результате уральской орогении на поверхность в виде цепочки блоков, образующих Центрально-Уральское поднятие, вытянутое вдоль восточной границы Западно-Уральской мегазоны. Эти блоки – Хараматолоуское, Оченырдское и Собское (включающее Енганепэйский, Манитанырд-Пайпудынский и Харбейский выступы) – поднятия (рис. 1).

Фундамент Печорской плиты имеет гетерогенное строение. Он сложен позднедокембрийскими осадочными, метаморфическими и магматическими комплексами, перекрытыми мощным ордовикско-кайнозойским платформенным чехлом. В составе фундамента Печорской плиты выделяются Тиманский и Большеземельский мегаблоки (рис. 2), различающиеся по составу пород, степени их деформированности и характеру магматизма [Dedeev et al., 1974; Dedeev, Zaporozhtseva, 1985; Belyakova et al., 2008].

Тиманский мегаблок представляет собой позднерифейскую северо-восточную пассивную окраину Балтики (Восточно-Европейский континент) [Puchkov, 1975; Getsen, 1991], которая по геофизическим данным прослеживается до Припечорско-Илыч-Чикшинской зоны разломов [Kostyuchenko, 1994; Olovyanishnikov et al., 1996] – предполагаемой сутуры орогена Тиманид. Тиманский мегаблок сложен преимущественно слабодислоцированными и незначительно метаморфизованными терригенными и, в подчиненных объемах, карбонатными породами [Olovyanishnikov et al., 1996; Olovyanishnikov, 1998], прорванными немногочисленными интрузиями основных, кислых и щелочных пород [Ivensen, 1964; Kostyukhin, Stepanenko, 1987; Malkov, 1972; Skripnichenko, 1978] преимущественно позднерифейского возраста [Andreichev et al., 2020, 2021; Andreichev, Soboleva, 2023; Larionov et al., 2004].

В пределах Большеземельского мегаблока фундамента Печорской плиты развиты интенсивно деформированные породы, имеющие геохимические черты островодужных и океанических образований [Belyakova, Stepanenko, 1991; Belyakova et al., 2008; Dovzhikova et al., 2004], по геофизическим данным на глубине выделяются блоки предположительно континентальной коры (бывшие микроконтиненты?) [Getsen, 1987, 1991; Berlyand, 1989; Belyakova et al., 2008].

Граниты поздневендского возраста, пробуренные скважинами вблизи сутурной зоны, имеют черты надсубдукционных и связываются с тиманской или байкальской орогенией [Andreichev et al., 2017; Belyakova, Stepanenko, 1990; Gee et al., 2000]. Магматические породы, вскрытые скважинами в пределах Большеземельского мегаблока, дают диапазон U-Pb цирконовых возрастов 673–558 млн лет. Позднерифейские



Рис. 2. Строение фундамента Печорской плиты и обрамления.

1 – Восточно-Европейская платформа; 2 – Западно-Сибирская плита; 3–4 – Печорская плита: 3 – Тиманский мегаблок, 4 – Большеземельский мегаблок; 5 – уралиды; 6 – выходы на поверхность допозднекембрийских комплексов; 7 – Главный Уральский надвиг; 8 – Припечорско-Илыч-Чикшинская зона разломов (сутура орогена Тиманид); 9 – положение исследуемых образцов. Fig. 2. The structure of the basement of the Pechora Plate and its framing.

1 – East European platform; 2 – West Siberian plate; 3–4 – Pechora plate: 3 – Timan megablock, 4 – Bolshezemel megablock; 5 – the Uralides; 6 – outcrops of pre-Late Cambrian complexes; 7 – Main Ural thrust; 8 – Pripechora-Ilych-Chikshino fault zone (the Timanide orogen suture); 9 – sampling sites.

габбродиориты (673±7 млн лет) [Andreichev et al., 2023а], вулканические кислые породы – риолиты (614±7 млн лет) и туфы кислого состава с магматическими цирконами близкого возраста (около 600 млн лет) [Soboleva et al., 2023], а также вендские плагиограниты (564 ±5 млн лет) [Andreichev et al., 2023a] интерпретируются как островодужные образования [Belyakova et al., 2008]. Более молодые граниты с возрастом 558±6 млн лет [Andreichev et al., 2023b; Belyakova et al., 2008] сопоставимы с синорогенными гранитами тиманид (555-544 млн лет), вскрытыми в Припечорской сутурной зоне [Andreichev et al., 2017]. В Большеземельском мегаблоке присутствуют также образовавшиеся в самом конце позднего рифея высококалиевые гранитоиды с возрастом 607±6 млн лет, имеющие черты внутриплитных гранитов [Andreichev et al., 2023b].

Большая группа исследователей считает Большеземельский мегаблок фундамента Печорской плиты аккреционным складчатым поясом – коллажем блоков островодужной и океанической коры и микроконтинентов (например, Баренции), причленившихся к северо-восточной окраине Балтики в самом конце докембрия или начале кембрия [Belyakova et al., 2008; Belyakova, Stepanenko, 1990, 1991; Zonenshain et al., 1990; Zonenshain, Natapov, 1987; Kostyuchenko, 1994; Olovyanishnikov, 1998; Petrov et al., 2005; Puchkov, 2005; Yudin, Dedeev, 1987; Beckholmen, Glodny, 2004; Gee et al., 2000; Gee, Pease, 2004; Metelkin et al., 2015; Scarrow et al., 2001]. Согласно другой точке зрения, комплексы Большеземельского мегаблока принадлежали активной окраине позднедокембрийского континента Арктида, располагавшегося в Арктической зоне и позже распавшегося на отдельные блоки (рис. 3). В этой модели ороген Тиманид рассматривается как результат поздневендско-раннекембрийской коллизии активной окраины Арктиды и пассивной окраины Балтики [Borisova et al., 2001; Kuznetsov, 2009; Kuznetsov et al., 2006, 2007; Khain, Filatova, 2009].

В отличие от фундамента Печорской плиты, магматические породы которого изучены лишь в разрозненных немногочисленных скважинах, плутонические и вулканические породы блоков тиманид, выходящих на поверхность на севере Урала, исследованы более детально. По ним, и в частности по магматическим породам таких блоков Полярного Урала, опубликовано большое количество работ, например монографии [Goldin et al., 1973, 1999; Dushin, 1997; Makhlaev, 1996; Udoratina et al., 2022], и получено достаточно большое



Рис. 3. Схема расположения блоков континентальной земной коры в Арктическом секторе по [Kuznetsov, 2009]. 1 – границы блоков континентальной коры, входивших в состав позднедокембрийского континента Арктида; 2 – палеозойские структуры, ограничивающие реликты орогена Тиманид; 3 – реликты поздневендско-раннекембрийского орогена Тиманид; 4 – место отбора проб.

Fig. 3. Scheme of the location of continental crustal blocks in the Arctic sector [Kuznetsov, 2009].

1 – boundaries of continental crustal blocks composed the Late Precambrian Arctida continent; 2 – Paleozoic structures limiting relics of the Timanides orogen; 3 – relicts of the Late Vendian–Early Cambrian Timanides orogen; 4 – sampling site.

количество U-Pb (SIMS, LA-ICP-MS) цирконовых датировок (рис. 4; Прил. 1, табл. 1.1). В составе этих блоков широко представлены вулканические и плутонические породы позднерифейско-вендского возраста, сопоставимые по геохимическим особенностям с одновозрастными породами фундамента Печорской плиты, но, кроме этого, большие объемы сложены гранитоидами и риолитами и, в меньшей степени, габброидами и долеритами кембрийского и раннеордовикского возраста, относящимися к уральскому тектоническому циклу.

Уральский цикл тектогенеза начался в позднем кембрии – раннем ордовике, когда на уральской окраине Балтики (или композитного континента Аркт-Европа, образовавшегося при коллизии Балтики и Арктиды [Borisova et al., 2001; Kuznetsov, 2009]) начался рифтинг, сменившийся к середине ордовика спредингом и раскрытием океанического бассейна [Puchkov, 2010]. Комплексами-индикаторами начала рифтогенеза считают верхнекембрийско-нижнеордовикские терригенные толщи, трансгрессивно залегающие на породах, относящихся к комплексам тиманид (доуралид), и одновозрастные с ними вулканические и гипабиссальные образования. На Полярном Урале – это манитанырдская серия и погурейская свита, леквожский и орангъюганско-лемвинский габбро-долеритовые комплексы, пайпудынский и пожемский риолитовые и хадатинский трахириолитовый комплексы. Позднекембрийскотремадокский возраст отложений нижней части манитанырдской серии и погурейской свиты достаточно надежно фаунистически обоснованы [State Geological Мар..., 2007]. Большинство U-Pb датировок циркона из



Рис. 4. Геологическая карта Полярного Урала, составленная на основе [Petrov, 2016].

1–11 – стратифицированные образования: 1 – мезозоя, 2 – перми, карбона – перми, 3 – карбона, 4 – девона, 5 – силура – карбона, силура – девона, 6 – силура, 7 – ордовика – девона, 8 – верхнего кембрия – ордовика, 9 – венда – кембрия, 10 – верхнего рифея – венда, 11 – среднего – верхнего рифея; 12–15 – интрузивные образования: 12 – риолиты, 13 – граниты и плагиограниты, 14 – гранодиориты, кварцевые диориты и диориты, 15 – монцониты и монцодиориты; 16 – габбро, габбро-долериты и долериты; 17 – офиолитовые гипербазиты; 18 – меланж тектонический; 19 – разломы (а) и надвиги (б); 20 – геологические границы. Синими линиями-выносками отмечены места выходов магматических и метаморфических пород, для которых имеются опубликованные U-Pb цирконовые датировки; цифры соответствуют номерам в Прил. 1, табл. 1.1. Желтым цветом обозначены места отбора проб на детритовые цирконы.

Fig. 4. Geological map of the Polar Urals, based on [Petrov, 2016].

1–11 – stratified formations: 1 – Mesozoic, 2 – Permian, Carboniferous – Permian, 3 – Carboniferous, 4 – Devonian, 5 – Silurian – Carboniferous, Silurian – Devonian, 6 – Silurian, 7 – Ordovician – Devonian, 8 – Upper Cambrian – Ordovician, 9 – Vendian – Cambrian,

10 – Upper Riphean – Vendian, *11* – Middle – Upper Riphean; *12–15* – intrusive rocks: *12* – rhyolites, *13* – granites and plagiogranites, *14* – granodiorites, quartz diorites and diorites, *15* – monzonites and monzodiorites; *16* – gabbro, gabbro-dolerites and dolerites; *17* – ophiolite ultramafic rocks; *18* – tectonic mélange; *19* – normal faults (a) and thrust faults (6); *20* – geological boundaries. The blue leader lines mark outcrops of igneous and metamorphic rocks having U-Pb zircon ages published; the figures correspond to the numbers in App. 1, Table 1.1. The sampling sites for detrital zircons are indicated in yellow.

тел риолитов пайпудынского, пожемского и хадатинского комплексов и долеритов леквожского и орангъюганско-лемвинского комплексов соответствуют концу кембрия – началу ордовика (Прил. 1, табл. 1.1) и близки к возрасту базальных горизонтов уралид.

Установлено, что диапазон возрастов зерен детритового циркона из обломочных пород базальных горизонтов уралид Полярного Урала очень широк. В частности, в песчаниках манитанырдской серии и погурейской свиты присутствуют зерна с позднеархейским и раннепротерозойским возрастом, характерным для пород всех трех блоков древнего кристаллического фундамента Балтики – Фенноскандии, Волго-Уралии и Сарматии; зерна с ранне- и среднерифейским возрастом, типичным для магматических и метаморфических пород Фенноскандии и образований Камско-Бельской магматической провинции Волго-Уралии; цирконовые зерна с возрастом 1.2-0.9 млрд лет, соответствующим времени формирования Свеконорвежского орогена. Преобладающую часть цирконовых выборок составляют зерна с позднерифейско-вендскими датировками, свойственными «местным» магматическим породам, входящим в состав блоков тиманид Полярного Урала, 10-20 % приходится на зерна с ранне- и среднекембрийским возрастом, соответствующим времени перерыва в осадконакоплении. В песчаниках содержится также заметное число зерен циркона с позднекембрийско-раннеордовикским возрастом, соответствующим времени накопления обломочных толщ. Источниками такого циркона, по всей видимости, служили магматические породы, располагавшиеся в непосредственной близости и сопровождавшие начало континентального рифтогенеза на уральской окраине Балтики (Аркт-Европы) [Soboleva et al., 2012b; Nikulova, Soboleva, 2019].

Позиция изученных авторами данной статьи обломочных пород весьма интересна. С одной стороны, они непосредственно перекрывают комплексы северо-восточного крыла эродированного орогена Тиманид, достаточно удаленные от его предполагаемой оси и включающие большое количество магматических пород позднедокембрийского возраста, и появляется возможность «опробовать» эту часть орогена. С другой стороны, исследованные песчаники принадлежат к рифтогенным комплексам, сформировавшимся в самом начале уральского тектонического цикла, и детритовый циркон песчаников может дать информацию о возрасте магматизма этого этапа.

Результаты исследования зерен циркона из двух образцов песчаников хойдышорской свиты приведены в данной статье.

2. ПОЛОЖЕНИЕ ИЗУЧЕННЫХ ПЕСЧАНИКОВ В РАЗРЕЗЕ И ИХ СОСТАВ

Обломочные породы, залегающие в основании разреза комплекса уралид в верховьях р. Малая Уса на южном окончании Оченырдского поднятия Центрально-Уральской мегазоны и относимые к хойдышорской свите, представляют собой терригенную ритмичнослоистую толщу мощностью до 1500 м с гравелитами, грубозернистыми песчаниками и конгломератами в основании, залегающую с размывом и угловым несогласием на разных горизонтах разреза тиманид [State Geological Map..., 2013b]. В этом районе отсутствуют четкие обнажения, в которых можно было бы увидеть непосредственную поверхность углового несогласия и налегание верхнекембрийско-нижнеордовикских базальных отложений комплекса уралид на верхнедокембрийские образования тиманид, как в других областях Полярного Урала, например на поднятии Енганепэ [Dembovsky et al., 1985, 1988, 1990]. Поверхность межформационного контакта в рассматриваемом районе предположительно везде в той или иной степени тектонизирована [State Geological Map..., 2013b], но граница структурных этажей устанавливается по наличию между ними углового несогласия и по разной степени метаморфизма и дислоцированности пород.

Породы верхней части верхнедокембрийского структурного этажа (лядгейской свиты – верхней части бедамельской серии верхнего рифея – венда), представленные преимущественно переслаивающимися вулканитами основного и кислого состава и их туфами, испытали региональный метаморфизм уровня зеленосланцевой фации, они смяты в мелкие плойчатые складки и интенсивно рассланцованы. В метабазитах часто не видно реликтовых структур, они превращены в зеленые сланцы. Вулканиты представлены высокотитанистыми натриевыми толеитовыми оливиновыми базальтами и калиево-натриевыми субщелочными оливиновыми базальтами, а также риолитами и по химическому составу сопоставимы с породами задуговых обстановок [State Geological Map..., 2013b].

Основание комплекса уралид сложено преимущественно терригенными породами, содержащими немногочисленные прослои вулканитов основного, реже кислого состава. Несмотря на то, что в составе нижнепалеозойских осадочных и вулканогенных пород присутствуют вторичные минералы, характерные для зеленосланцевой фации метаморфизма, толщи в целом преобразованы и деформированы намного слабее, и в породах комплекса уралид сохранились реликтовые текстуры и структуры.

Эонотема	Эратема	Система	Отдел	Индекс	Колонка	Мощность, м	Стратиграфическое подразделение	
		ская	Й	O₁mp		до 700	Малопайпудынская свита	
нерозойская	леозойская	Ордовик	Нижни	O₁ <i>us</i>		до 500	Усинская свита	
фа	Па							
		Кембрийская	Верхний	€₃-O₁hd		до 1500	Хойдышорская свита Обр. 6-12 и 23-1-12	
		цская	Верхний			_		
йская		Венд	Нижний	R₃-V <i>ld</i>		2000	Лядгейская свита	∨ () ∨ () ∨ () - &- & &- &- &
reposoi					· ∨ · · ∨ · · · ∨ · · ∨ · · ∨ ∨ ∨ ⊘∨ ⊘∨			$\begin{array}{c} \cdot & \sim & \cdot & \sim \\ \sim & \cdot & \sim & \cdot \\ \cdot & \sim & \cdot & \sim \end{array}$
Верхнепро	Верхнерифейская			R₃oč		2000– 2500	Очетывисская свита	

Рис. 5. Стратиграфическая колонка верхнерифейско-нижнеордовикской части разреза в районе верховьев рек Малая Кара и Малая Уса (по [State Geological Map..., 2013b].

1 – конгломераты; 2 – гравелиты; 3 – песчаники; 4 – кварцитопесчаники; 5 – алевролиты; 6 – известковистые сланцы; 7 – песчанистые известняки; 8–10 – эффузивы: 8 – кислого состава, 9 – среднего состава, 10 – основного состава; 11–13 – туфы: 11 – кислого состава, 12 – среднего состава, 13 – основного состава; 14 – агломератовые лавы среднего состава; 15–17 – сланцы: 15 – аповулканогенные основного состава, 16 – графитоидные хлорит-серицит-эпидот-кварцевые, 17 – кварц-хлоритальбит-эпидотовые; 18 – туфопесчаники; 19 – находки фауны морских беспозвоночных; 20 – несогласное залегание.

Fig. 5. Stratigraphic column of the Upper Riphean–Lower Ordovician part of the section in the area of the upper reaches of the Malaya Kara and Malaya Usa rivers (after [State Geological Map..., 2013b]).

1 – conglomerates; 2 – gravelites; 3 – sandstones; 4 – quartzite sandstones; 5 – siltstones; 6 – calcareous shales; 7 – sandy limestones; 8–10 – effusive rocks: 8 – silicic, 9 – intermediate, 10 – basic; 11–13 – tuffs: 11 – felsic, 12 – intermediate, 13 – basic; 14 – agglomerate lavas of intermediate composition; 15–17 – schists: 15 – apovolcanogenic mafic, 16 – graphitoid chlorite-sericite-epidote-quartz, 17 – quartz-chlorite-albite-epidote; 18 – tuff sandstones; 19 – marine invertebrate fauna findings; 20 – unconformity. Вулканиты нижней части палеозойского разреза, относящиеся к хойдышорской свите, представлены преимущественно основными и кислыми породами нормальной и повышенной щелочности, образующими контрастную ассоциацию, и по геохимическим особенностям соответствуют рифтогенным образованиям [State Geological Map..., 2013b].

В стратотипическом разрезе на руч. Хойдышор были сделаны находки микрофоссилий (рис. 5): Archaeodiscina umbolata Volk., Baltisphaeridium compressus Volk., B. orbiculara Volk., Granomarginata squamacea Volk., Leiomarginata simplex Naum., Tasmanites tenellus Volk (сборы B.B. Терешко, определения Л.Н. Ильченко) [Dembovsky et al., 1988], относящихся к кембрию – тремадоку. С учетом результов U-Pb (SPIMP-II) изотопного датирования зерен циркона из эффузивной фации риолитов свиты в районе оз. Усваты – 482.4±11 млн лет [Shishkin et al., 2004] (№ 19 на рис. 4 и в Прил. 1, табл. 1.1; рис. 6) возраст хойдышорской свиты принят позднекембрийскораннеордовикским [State Geological Мар..., 2013b].

Песчаники, из которых были выделены для изучения и датирования зерна детритового циркона, выходят на поверхность в горной части Полярного Урала в верхнем течении р. Малая Уса, в бассейнах ее правых притоков – руч. Сауришор и Ветвистый (рис. 6, 7, а). Здесь хойдышорская свита с несогласием залегает на вулканических породах лядгейской свиты (рис. 7, г, е), представленных преимущественно основными породами (рис. 7, б, в), метаморфизованными иногда до зеленых сланцев (рис. 7, д), плагиоклазовыми и пироксен-плагиоклазовыми базальтами, часто миндалекаменными (рис. 7, в), туфами основного состава, а также лавами, лавобрекчиями и туфами кислого состава. Основание хойдышорской свиты сложено гравелитами и серыми грубозернистыми песчаниками (рис. 8, а, б, в). Разрез надстраивают ритмично переслаивающиеся кварцитовидные полевошпат-кварцевые серые, розоватые, лиловатые (рис. 8, г, д) и зеленоватые песчаники, алевритистые песчаники, алевролиты и хлорит-серицит-кварцевые сланцы. В терригенной толще присутствуют прослои базальтов и их лавобрекчий (рис. 8, е-з), а также риолитов (см. рис. 5) [State Geological Map..., 2013b].

Образец 6-12 (67°47'53.2" с.ш., 65°49'01.3" в.д.) отобран в междуречье р. Малая Уса и руч. Сауришор, в нижней части южного склона горы с абсолютной отметкой 882.6 м из заметного скального коренного выхода, в котором хорошо видна зона контакта песчаников хойдышорской свиты и залегающих ниже метабазитов лядгейской свиты. Метабазиты рассланцованы до тонких мелких удлиненных плиточек (см. рис. 7, д, е) и смяты в мелкие складочки. В песчаниках, также деформированных в приконтактовой зоне, видны плойчатые кварцевые жилы (см. рис. 7, е), ориентированные параллельно зоне контакта, падающей на запад под углом 40°.

Образец 6-12 светло-зеленовато-серых полевошпаткварцевых среднезернистых, с гравийными зернами песчаников отобран в 1 м выше зоны контакта. Структура породы бластопсаммитовая, текстура массивная с лепидогранобластовой структурой базального цемента, сложенного микрозернистым агрегатом кварца и серицита (рис. 9, а). Вокруг большей части обломочных зерен развиты регенерационные каймы (рис. 9, б). Обломочная часть занимает около 60 % объема породы. Размер обломков 0.3–0.5 мм, единичные зерна до 1.2-1.5 мм. Обломки преимущественно среднеокатанные, на 90 % представлены кварцем. Остальные 10 % приходятся (в порядке уменьшения частоты встречаемости) на жильный гранулированный кварц, калиевый полевой шпат, мелкозернистые полевошпат-кварцевые породы, кварциты, силициты, кислый плагиоклаз, эпидозиты (эпидот заместил, по всей видимости, кальциевый плагиоклаз). Акцессорные минералы представлены цирконом (рис. 9, в), обломочными и новообразованными зернами эпидота и титанита (рис. 9, г), апатитом и турмалином. Содержание новообразованных выделений эпидота и титанита до 1 %. Рудные минералы песчаников – гематит и лейкоксеновый агрегат.

Место отбора образца 23-1-12 (67°47'37.7" с.ш., 65°54'20.1" в.д.) находится в 3.8 км к востоку от точки отбора образца 6-12, на руч. Ветвистом – правом притоке р. Малая Уса. Здесь на правом крутом берегу ручья проходит контакт зеленовато-серых микрозернистых массивных метавулканитов основного состава лядгейской свиты и песчаников хойдышорской свиты. Сама плоскость контакта задернована (см. рис. 7, ж). По мере приближения к контакту в метабазитах становится заметной сланцеватость (азимут падения 270°, угол падения 70°), и ориентированная параллельно сланцеватости среднеплитчатая отдельность сменяется тонкоплитчатой. Песчаники выше контакта светло-зеленовато-серые, среднезернистые, с небольшими тонкими согласными линзами длиной 1-2 см и прослоями мощностью 1-2 мм вишнево-серых, вероятно, гематитизированных песчаников (азимут падения 80°, угол падения 80°).

Образец 23-1-12 полевошпат-кварцевых песчаников отобран непосредственно выше задернованной зоны контакта. Песчаники характеризуются бластопсаммитовой структурой с лепидогранобластовой структурой порового, базально-порового цемента (рис. 9, д). Обломки слагают около 70 % объема породы. Кластические зерна кварца и полевых шпатов (рис. 9, е) составляют около 90 % всех обломков. Литокласты, содержание которых не более 5 %, представлены силицитами, тонкозернистыми кварц-полевошпатовыми породами с титанитом, кислыми вулканическими породами и глинистыми сланцами. Кварцевые зерна, составляющие примерно половину от общего количества обломков, преимущественно слабоокатанные с полигональными остроугольными очертаниями, хорошо окатанные обломки редки. Полевые шпаты, представленные средним плагиоклазом, альбитом и калиевым полевым шпатом, встречаются в виде слабоокатанных, часто таблитчатых зерен. В акцессорных



Рис. 6. Геологическая карта верховьев рек Малая Уса и Малая Кара (по [State Geological Map..., 2013b], с изменениями). 1 – усинская свита: конгломераты, гравелиты, песчаники (150–500 м); 2 – хойдышорская свита: песчаники, гравелиты, конгломераты, алевролиты; серицит-хлоритовые гематитсодержащие сланцы, туфы риолитов, прослои эффузивов основного и кислого состава (до 1500 м); 3 – лядгейская свита: плагиоклазовые и пироксен-плагиоклазовые метабазальты, их туфы, кислые лавы, лавобрекчии, туфы риолитов (2000 м); 4 – очетывисская свита: зеленые сланцы, метабазальты, метаандезибазальты и их туфы, полимиктовые метапесчаники, метадациты, метариодациты и их лавобрекчии (2000–2500 м); 5 – дайки габбро-долеритов леквожского гипабиссального габбро-долеритового комплекса; 6 – пайпудынский гипабиссальный риолитовый комплекса: интрузивные тела (а) и дайки (б); 7 – дайки долеритов лядгейского вулканического андезибазальт-риолитового комплекса; 8 – геологические границы: согласного залегания и интрузивные контакты (а), несогласного залегания (б); 9 – разрывные нарушения; 10 – элементы наклонного залегания; 11 – места отбора образцов: песчаников для датирования зерен детритового циркона (а) и кислых вулканитов, для которых есть опубликованные U-Pb (SIMS) возрасты (б).

Fig. 6. Geological map of the upper reaches of the Malaya Usa and Malaya Kara rivers (after [State Geological Map..., 2013b], modified). 1 – Usa formation: conglomerates, gritstones, sandstones (150–500 m); 2 – Khoydyshor formation: sandstones, gritstones, conglomerates, siltstones, sericite-chlorite hematite-bearing schists, rhyolite tuffs, interlayers of felsic and mafic effusive rocks (up to 1500 m); 3 – Lyadgey formation: plagioclase and pyroxene-plagioclase metabasalts, their tuffs, felsic lavas, lava breccias, rhyolite tuffs (2000 m); 4 – Ochetyvis formation: green schists, metabasalts, metaandesibasalts and their tuffs, polymictic metasandstones, metadacites, metarhyodacites and their lava breccias (2000–2500 m); 5 – gabbro-dolerite dikes of the Lekvozh hypabyssal gabbro-dolerite complex; 6 – Paipudyna hypabyssal rhyolitic complex: intrusive bodies (a) and dikes (6); 7 – dikes of dolerites of the Lyadgey volcanic andesitebasalt-rhyolite complex; 8 – geological boundaries: conformable and intrusive contacts (a), unconformable contacts (6); 9 – faults; 10 – strike and dip of inclined bedding; 11 – sampling sites: sandstones for dating grains of detrital zircon (a) and felsic volcanic rocks for which the published U-Pb (SIMS) ages are available (6).



Рис. 7. Фотографии рельефа и коренных выходов верхнедокембрийских и верхнекембрийско-нижнеордовикских пород. (*a*) – район верхнего течения р. Малая Уса; (*б*-*в*) – метабазальты лядгейской свиты: (*б*) – сланцеватая текстура пород и ориентированная параллельно среднеплитчатая отдельность, (*в*) – миндалекаменная и массивная текстуры; (*г*, *е*) – зона контакта апобазальтовых зеленых сланцев лядгейской свиты и песчаников хойдышорской свиты в междуречье р. Малая Уса и руч. Сауришор; (*д*) – смятые и рассланцованные метабазиты лядгейской свиты вблизи контакта с песчаниками; (*ж*) – зона контакта метабазитов лядгейской свиты и песчаников хойдышорской свиты на правом берегу руч. Ветвистого – правого притока р. Малая Уса. Желтым подчеркнут контакт на рис. (*е*), красным отмечены точки опробования.

Fig. 7. Photos of the general view of the area and the outcrops of the Upper Precambrian and Upper Cambrian–Lower Ordovician rocks. (*a*) – upper reaches of the Malaya Usa River; (δ –e) – metabasalts of the Lyadgey formation: (δ) – schistose texture and parallely oriented medium platy parting, (e) – amygdaloidal and massive textures; (z, e) – contact zone of apobasaltic green schists of the Lyadgey formation and sandstones of the Khoydyshor formation in the interfluve of the Malaya Usa River and Saurishor Creek; (∂) – crenulation cleavage in the schistose and sheared metabasites of the Lyadgey formation near the contact with sandstones, (\mathcal{H}) – contact zone between metabasite rocks of the Lyadgey formation and sandstones of the Khoydyshor formation on the right bank of the Vetvisty Creek – the right tributary of the Malaya Usa River. A yellow line marks the contact (e). Sampling sites are shown in red.



Рис. 8. Фотографии коренных выходов пород хойдышорской свиты.

(*a*-*b*) – серые песчаники нижней части хойдышорской свиты: (*a*-*b*) – среднетолстоплитчатая отдельность, (*b*) – косая слоистость; (*z*-*d*) – малиново-серые песчаники, залегающие в целом выше серых: (*z*) – их переслаивание с подчиненными прослоями серых песчаников, (*d*) – элементы косой слоистости; (*e*-*s*) – базальтоиды хойдышорской свиты: (*e*) – плитчатая отдельность, (*ж*) – лавобрекчия с различимыми обломками миндалекаменных базальтов, (*s*) – выходы базальтов в каньоне руч. Ветвистый.

Fig. 8. Photos of rock outcrops of the Khoydyshor formation.

(a-e) – gray sandstones of the lower part of the Khoydyshor formation: (a-e) – medium to thick platy parting, (e) – oblique bedding; (z-a) – raspberry-gray sandstones generally laying above the gray ones: (z) – their interbedding with subordinate interlayers of gray sandstones, (a) – elements of oblique bedding; (e-a) – basaltoids of the Khoydyshor formation: (e) – platy parting, (m) – lavobreccia with visible fragments of amygdaloidal basalts, (a) – outcrops of basalts in the canyon of the Vetvisty Creek.



Рис. 9. Микрофотографии шлифов полевошпат-кварцевых песчаников хойдышорской свиты. (*a*-*z*) – обр. 6-12: (*a*) – бластопсаммитовая структура песчаника с лепидогранобластовой структурой кварц-серицитового матрикса, (*б*) – регенерационные каймы кварца вокруг обломочных зерен кварца, (*в*) – бипирамидально-призматический кристалл циркона на границе кварцевого зерна и перекристаллизованного кварц-серицитового цемента, (*г*) – окатанный обломок титанита, окруженный кварц-серицитовым цементом; (*д*-*з*) – обр. 23-1-12: (*д*) – бластопсаммитовая разнозернистая структура песчаника с лепидогранобластовой структурой кварц-серицитового матрикса, (*е*) – обломок умеренно соссюритизированного плагиоклаза в кварц-серицитовом цементе, (*ж*) – обломочные зерна эпидота и титанита, окруженные кварц-серицитовом цементе, (*ж*) – обломочные зерна эпидота и титанита, окруженные кварц-серицитовом цементе, (*ж*) – обломочные зерна эпидота и титанита, окруженные кварц-серицитовом цементе, (*ж*) – обломочные зерна эпидота и титанита, окруженные кварц-серицитовом цементе, (*ж*) – обломочные зерна эпидота и титанита, окруженные кварц-серицитовом цементе, (*ж*) – обломочные зерна эпидота и титанита, окруженные кварц-серицитовом цементе, (*ж*) – обломочные зерна эпидота и титанита, окруженные кварц-серицитовым цементе, (*ж*) – обломочные зерна эпидота и титанита, окруженные кварц-серицитовым цементе. Фотографии (*а*, *б*, *д*, *е*) – с анализатором, (*в*, *г*, *ж*, *з*) – без анализатора. Qz – кварц, Pl – плагиоклаз,

Ttn – титанит, Tur – турмалин, Zrn – циркон, Ep – эпидот. **Fig. 9.** Thin-section photomicrographs of feldspar-quartz sandstones of the Khoydyshor formation.

(a-z), sample 6-12: (a) – blastopsammitic texture of sandstone with lepidogranoblastic texture of quartz-sericite matrix, (b) – regeneration rims of quartz around detrital quartz grains, (b) – bipyramidal-prismatic zircon crystal at the boundary between quartz grain and recrystallized quartz-sericite cement, (z) – rounded fragment of titanite grain surrounded by quartz-sericite cement; (d-3) – sample 23-1-12: (d) – blastopsammitic inequigranular sandstone with lepidogranoblastic structure of quartz-sericite matrix, (e) – fragment of moderately saussuritized plagioclase in quartz-sericite cement, (w) – detrital epidote and titanite grains surrounded by quartz-sericite-quartz sericite cement, there can be seen smaller grains of secondary metamorphogenic titanite, (a) – rounded epidote grains in sericite-quartz cement. Photos (a, 6, d, e) – cross polarized light, (e, z, w, 3) – plane polarized light. Qz – quartz, Pl – plagioclase, Ttn – titanite, Tur – tourmaline, Zrn – zircon, Ep – epidote.

количествах содержатся: циркон, апатит, цоизит, лейкоксен, эпидот и титанит. Два последних минерала присутствуют как в виде обломочных, так и в виде новообразованных зерен (рис. 9, ж, з). Перекристаллизованный глинистый цемент песчаников представлен мусковитом и хлоритом.

По химическому составу (Прил. 1, табл. 1.2) рассматриваемые песчаники, залегающие в основании хойдышорской свиты, соответствуют аркозам и ваккам. На диаграмме М. Херрона [Herron, 1988] их фигуративные точки расположены в нижней части области состава песчаников из разных горизонтов этой свиты [Nikulova, 2016], частично захватывающей поля вакк, литаренитов, аркозов, железистых песчаников, сланцев и железистых глинистых сланцев (рис. 10, а). Низкие (менее 1.3) значения lg(SiO₂/Al₂O₃) свидетельствуют о невысоком уровне зрелости песчаников хойдышорской свиты [Pettijohn et al., 1987]. Значения индекса CIA [Nesbitt, Young, 1982], составляющие 58 в обр. 6-12 и 63 в обр. 23-1-12, и индекса CIW [Harnois, 1988] – 82 и 73 соответственно – позволяют утверждать, что интенсивность химического выветривания на палеоводосборах при формировании хойдышорской свиты была достаточно низкой, а климат холодным. На диаграмме DF1–DF2 [Verma, Armstrong-Altrin, 2013] поле состава песчаников хойдышорской свиты располагается в области рифтогенных и, частично, островодужных образований. Изученные авторами песчаники по



Рис. 10. Положение точек состава песчаников из образцов 6-12 и 23-1-12 на классификационных диаграммах М. Херрона [Herron, 1988] (*a*) и С. Верма и Дж. Армстронга-Олтрина [Verma, Armstrong-Altrin, 2013] (*б*). Желтое поле состава песчаников хойдышорской свиты по [Nikulova, 2016].

Fig. 10. The position of the composition points from sandstone samples 6-12 and 23-1-12 on the classification diagrams of M. Herron [Herron, 1988] (*a*) and S. Verma and J. Armstrong-Altrin [Verma, Armstrong-Altrin, 2013] (*b*). Yellow composition field of sandstones of the Khoydyshor formation after [Nikulova, 2016].

химическому составу относятся к типичным рифто-генным (рис. 10, б).

3. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ И ДАТИРОВАНИЯ ЗЕРЕН ДЕТРИТОВОГО ЦИРКОНА

Для выделения зерен циркона и проведения их датирования пробы песчаников измельчены вручную в стальной ступе до размера обломков <0.5 мм, отмучены в проточной воде и разделены на фракции с использованием бромоформа и электромагнитного сепарирования. Из тяжелой неэлектромагнитной фракции при помощи бинокулярного микроскопа МБС-1 отобраны все без исключения зерна циркона, и изучена их морфология. Зерна размещены в эпоксидной шашке, которую затем сошлифовали примерно до середины толщины зерен циркона и отполировали. Все процедуры проведены в ЦКП УрО РАН «Геонаука» в Институте геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Для выяснения детального строения зерен циркона и их зональности и выбора для датирования участков без трещин и включений изучены изображения, полученные на сканирующем электронном микроскопе JEOL LV 5600, оснащенном катодолюминесцентным детектором в Центре микроанализа Стэнфордского университета и Геологической службы США.

Определение U-Pb возраста зерен циркона из обр. 6-12 выполнено в Аналитическом центре «Геоспектр» ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ) методом лазерной абляции и магнитно-секторной масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (LA-ICP-MS). Лазерный пробоотбор проведен с помощью устройства лазерной абляции UP-213, а масс-спектрометрический анализ выполнен на одноколлекторном магнитно-секторном масс-спектрометре с ионизацией в индуктивно связанной плазме Element XR [Khubanov et al., 2016]. Внешним стандартным образцом служил эталонный циркон 91500 (1065 млн лет) [Wiedenbeck et al., 1995]. В качестве контрольных образцов использовались эталонные цирконы GJ-1 с аттестованным возрастом 601.9±0.4 [Horstwood et al., 2016] и Plešovice – 337.13±0.37 млн лет [Sláma et al., 2008]. При анализе циркона из обр. 6-12 конкордантный возраст 11 зерен GJ-1 составил 599.7±3.7 млн лет, 11 зерен Plešovice - 339.5±3.4. Обработка аналитических данных проведена с помощью программы Glitter [Griffin et al., 2008; Van Achterbergh et al., 2001].

Определение U-Pb возраста цирконовых зерен из обр. 23-1-12 выполнено в изотопном центре Marine Analytical Laboratories Университета Калифорнии (г. Санта-Круз, США) на одноколлекторном масс-спектрометре с ионизацией в индуктивно связанной плазме Element XR и на установке лазерной абляции Photon Machines Analyte.H с эксимерным лазером с длиной волны 193 нм и камерой Helex-2. В качестве первичного стандарта использовали циркон R33 с возрастом 419.26±0.39 млн лет [Black et al., 2004], в качестве вторичного – циркон Plešovice. Для оценки содержания U и величины Th/U анализировался цирконовый стандарт MAD-59 (U=3435 г/т) [Coble et al., 2018]. При анализе циркона из обр. 23-1-12 конкордантный возраст 20 зерен Plešovice – 339.3±1.2 млн лет. Аналитические измерения и расчеты выполнялись согласно стандартным процедурам, детально описанным в статьях [Sharman et al., 2013; Mikhailenko et al., 2016].

Диаметр аналитического пятна в обеих лабораториях – 30 мкм. Для статистического анализа и построения U-Pb диаграмм использованы приложения Isoplot 3.75 [Ludwig, 2012] для программы Microsoft Excel и IsoplotR [Vermeesch, 2018].

При отборе данных для интерпретации из рассмотрения были исключены анализы, в которых наблюдаются значительные расхождения возрастов, полученных по разным изотопным системам, или/и дискордантность, рассчитанная по формуле D=100·(возраст(²⁰⁷Pb/ ²³⁵U)/возраст(²⁰⁶Pb/²³⁸U)–1), выходит за рамки диапазона от –10 до +10 %.

Низкое содержание ²⁰⁷Pb в зернах циркона с возрастом менее 1 млрд лет приводит к большой погрешности в определении отношения ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb, поэтому для интерпретации использованы возрасты, рассчитанные по отношению ²⁰⁶Pb/²³⁸U.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРЕН ЦИРКОНА

Зерна циркона из пробы 6-12 имеют размеры 50– 450 мкм и светло-розовый, желтовато-светло-розовый или розовый цвет. Преобладают идиоморфные бипирамидально-призматические (гиацинтового, реже цирконового габитуса) прозрачные и полупрозрачные зерна, имеющие коэффициент удлинения 1–3, с гладкими или слегка шероховатыми гранями. Около 10 % составляют слабоокатанные зерна. Катодолюминесцентные изображения демонстрируют четкую осцилляционную, реже секториальную или лоскутную зональность зерен (рис. 11). Унаследованные ядра не наблюдаются. Внутри некоторых зерен содержатся округлые или имеющие неправильную форму черные непрозрачные включения размером до 100 мкм.

Зерна циркона в пробе 23-1-12 имеют размеры 50-350 мкм и окрашены в светло-розовый, розовый, желтовато-розовый и сиреневато-розовый цвет. В этой пробе намного меньше (10–15 %) идиоморфных или слегка окатанных прозрачных и полупрозрачных бипирамидально-призматических цирконовых кристаллов с гладкими блестящими или слегка шероховатыми гранями и коэффициентом удлинения 1–4.5. Преобладают зерна, в разной степени окатанные. На катодолюминесцентных изображениях в зернах циркона проявлена осцилляционная, лоскутная или секториальная зональность (рис. 11). Некоторые зерна во внутренних частях содержат черные непрозрачные включения округлой и неправильной формы размером до 70 мкм.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ДАТИРОВАНИЯ ЗЕРЕН ДЕТРИТОВОГО ЦИРКОНА

Из пробы 6-12 выполнен анализ 105 зерен циркона (Прил. 1, табл. 1.3; рис. 12, а). Большинство полученных



Рис. 11. Катодолюминесцентные изображения типичных зерен циркона из обр. 6-12 и обр. 23-1-12. Номера зерен соответствуют номерам в Прил. 1, табл. 1.3, 1.4.

Fig. 11. Cathodoluminescent images of typical zircon grains from samples 6-12 and 23-1-12. The grain numbers correspond to the numbers in App. 1, Tables 1.3, 1.4.

²⁰⁶Pb/²³⁸U датировок (98 из 105) относятся к кембрию, образуя временной интервал 538-489 млн лет. Одно зерно (№ 91) показало раннеордовикский возраст 478 ±7 млн лет, одно (№ 41) – поздневендский возраст 544 ±6 млн лет и одно (№ 93) – раннепротерозойский 1966 ±24 млн лет. Кроме того, четыре зерна (№ 101, 69, 63 и 98) дали «молодой» возраст от позднего ордовика до среднего девона: 455±7, 448±5, 430±5 и 387±5 млн лет соответственно. Эти анализы показали более высокие содержания U (1245, 2158, 4247 и 2748 г/т) при очень низких Th/U (0.09, 0.04, 0.04 и 0.14 соответственно) по сравнению с другими зернами, в которых концентрация U обычно находится в пределах 100-600 г/т, редко выше - до 1800. Данные «молодые» зерна не имеют отчетливых каём, которые (учитывая высокоурановый состав циркона и низкие Th/U) можно было бы считать гидротермальными, но характеризуются повышенной трещиноватостью, что заставляет предположить нарушение U-Pb изотопной системы циркона. С учетом также того, что возраст хойдышорской свиты

фаунистически обоснован как верхнекембрийско-нижнеордовикский, эти четыре датировки были исключены из рассмотрения.

Наиболее часто (в 68 % случаев) встречаются зерна с возрастом от 500 до 520 млн лет, максимум плотности вероятности (МПВ) приходится на 510 млн лет (рис. 13, а). Средневзвешенный ²⁰⁶Pb/²³⁸U возраст трех наиболее молодых зерен циркона (№ 29, 49, 91) по международной хроностратиграфической шкале [Cohen et al., 2013] соответствует концу позднего кембрия – 486±6 млн лет (95 %, СКВО=1.1). Если не учитывать единичную раннеордовикскую датировку 478±7 млн, то следующие по возрасту три зерна дают чуть более древний средневзвешенный возраст 491±6 млн лет (95 %, СКВО=0.26).

В пробе 23-1-12 проанализировано 100 зерен циркона (Прил. 1, табл. 1.4; см. рис. 12, б), результаты по семи зернам не прошли принятые фильтры и были исключены из рассмотрения: для анализов № 29, 46, 93 D>10 %; кроме того, в этих точках, а также в точках № 27, 44,



Рис. 12. Диаграмма Аренса-Везерила с конкордией и точками результатов измерений изотопных отношений в индивидуальных кристаллах циркона (Прил. 1, табл. 1.3, 1.4), эллипсы погрешностей – 25: (*a*) – обр. 6-12, (*б*) – обр. 23-1-12. Зеленым цветом выделены анализы, исключенные из рассмотрения.

Fig. 12. Ahrens-Weserill diagram with concordia and the results of measurements of isotope ratios in single zircon grains (App. 1, Tables 1.3, 1.4), error ellipses – 2σ : (*a*) – sample 6-12, (*b*) – sample 23-1-12. The green color highlights the analyses excluded from consideration.

59, 60 расхождение между возрастами ²⁰⁶Pb/²³⁸U и ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb составляет более 20 %. Интервал возрастов оставшихся 93 зерен 575–490 млн лет, МПВ – 521 млн лет (рис. 13, а). Средневзвешенный ²⁰⁶Pb/²³⁸U возраст четырех наиболее молодых зерен циркона (№ 19, 53, 76, 89) составляет 492±9 млн лет (СКВО=0.05), что соответствует середине позднего кембрия.

6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Вопрос о возрасте и структурно-формационной принадлежности обломочных пород, залегающих на

вулканогенных образованиях верхнедокембрийского структурного этажа в южной части Оченырдского поднятия Полярного Урала, долго оставался дискуссионным – до 1998 г. они считались молассой венд-кембрийского возраста [Breivel, 1980], и только затем эти терригенные породы были отнесены к рифтогенному комплексу уралид [Dembovsky et al., 1985, 1990]. Результаты проведенного датирования зерен циркона из песчаников основания палеозойского разреза в верховьях р. Малая Уса и ее правых притоков подтверждают позднекембрийско-раннеордовикский возраст



Рис. 13. Графики распределения U-Pb возрастов циркона.

(*a*-б) – гистограммы и кривые плотности вероятности (PDP): (*a*) – обр. 6-12, 23-1-12, (*б*) – объединенные обр. 6-12 и 23-1-12; (*в*) – гистограмма и график оценки плотности ядра (KDE) для позднедокембрийских и раннепалеозойских магматических и метаморфических пород Западно-Уральской мегазоны Полярного Урала (ссылки на источники данных – в Прил. 1, табл. 1.1). **Fig. 13.** Zircon U-Pb age distribution graphs.

(a-6) – histograms and probability density plots (PDP): (a) – samples 6-12, 23-1-12, (6) – combined samples 6-12 and 23-1-12; (a) – histogram and Kernel density estimation (KDE) for the Late Precambrian and Early Paleozoic igneous and metamorphic rocks of the West Ural megazone of the Polar Urals (data sources are referred in App. 1, Table 1.1).

этой терригенной толщи (хойдышорской свиты) и обоснованность ее отнесения к комплексу уралид. Полученный позднекембрийский возраст наиболее молодых зерен из обоих рассматриваемых образцов, взятых из основания видимого разреза уралид, позволяет утверждать, что отложения начали накапливаться не ранее 492–486 млн лет, что соответствует второй половине позднего кембрия. Этот вывод согласуется с U-Pb возрастом зерен циркона (482±11 млн лет) из эффузивных риолитов, согласно залегающих среди песчаников [Shishkin et al., 2004]. По всей видимости, накопление хойдышорской свиты происходило достаточно быстро, так как возраст прорывающих ее субвулканических тел риолитов пайпудынского комплекса, определенный U-Pb методом по циркону, составляет 493– 486 млн лет [Shishkin et al., 2004; State Geological Map..., 2013b].

Для обоих образцов характерен небольшой разброс цирконовых возрастов по сравнению с тем, что наблюдается для одновозрастных песчаников из терригенных разрезов основания манитанырдской серии и погурейской свиты Полярного Урала [Soboleva et al., 2012b; Nikulova, Soboleva, 2019]. Так, среди зерен циркона из песчаников хойдышорской свиты практически нет зерен древнее вендских: лишь одно зерно циркона в обр. 6-12 датируется ранним протерозоем (см. Прил. 1, табл. 1.3 и рис. 12, а). В сравниваемых образцах песчаников манитанырдской серии на Енганепэйском и Манитанырдском поднятиях и погурейской свиты в верхнем течении р. Ср. Кечпель, наряду с зернами циркона кембрийского и вендского возраста, присутствуют зерна с датировками от позднего рифея до позднего архея (рис. 14). Сопоставление возрастов зерен детритового циркона из этих песчаников с геохронологическим образом орогена Тиманид [Orlov et al., 2011] показало, что наиболее вероятно главными источниками циркона в песчаниках были разрушавшиеся породы этого орогена и конседиментационные позднекембрийско-раннеордовикские рифтогенные магматические породы [Soboleva et al., 2012b]. Значительно более узкий интервал цирконовых датировок, полученный для песчаников хойдышорской свиты, может быть связан с сильно расчлененным рельефом, существовавшим на территории западного склона Полярного Урала на рубеже кембрия и ордовика. В результате в позднем кембрии эпиконтинентального рифтогенеза на восточном (в современных координатах) краю Балтики (Аркт-Европы), по-видимому, заложилась система разломов, по которым произошло опускание некоторых блоков и образование изолированных седиментационных ванн, которые заполнялись «местным» обломочным и вулканогенным материалом [Didenko et al., 2001].

Для уточнения источников детритового циркона в песчаниках хойдышорской свиты было построено вероятностное распределение известных позднедокембрийских и раннепалеозойских U-Pb датировок циркона из магматических и метаморфических пород Западно-Уральской мегазоны Полярного Урала (см. рис. 13, в), с использованием опубликованных данных (см. Прил. 1, табл. 1.1). (Следует учитывать, что использованы результаты датирования плутонических, гипабиссальных, субвулканических и экструзивных пород кислого и среднего состава. Для тел, сложенных породами основного состава, датировки единичны. Эффузивная же фация практически не датирована.) Из графика видно, что на Полярном Урале на современном эрозионном срезе находятся магматические и метаморфические породы, цирконовые датировки которых лежат в диапазоне поздний рифей - ранний ордовик с главными пиками на рубежах 552, 521 и 500 млн лет и второстепенным – 665 млн лет. При этом максимальное число датировок плутонических и метаморфических пород относится к раннему кембрию, тогда как формирование экструзивных и субвулканических пород происходило в основном в поздневендское и позднекембрийско-раннеордовикское время. Учитывая то, что диапазон возрастных датировок, полученный для песчаников хойдышорской свиты, составляет 575-478 млн лет, можно утверждать, что потенциальными источниками детритового циркона могли быть магматические и метаморфические породы полярной части Западно-Уральской мегазоны.

Диапазон цирконовых датировок для песчаников обр. 6-12, за исключением одного зерна раннепротерозойского возраста, составляет 544–478 млн лет. В этом временном интервале происходило формирование полярноуральских гранитоидов (№ 4–8, 10, 34, 35, 40, 42, 43, 46, 48–50, 52, 54–56, 58, 59, 64, 66, 72 в Прил. 1, табл. 1.1), габбро-долеритов орангъюганско-лемвинского комплекса (№ 15), риолитов и трахириолитов лемвинского, пайпудынского, хадатинского и пожемского комплексов (№ 1–3, 14, 16, 18, 20, 21, 25, 38, 76– 80). Циркон кембрийского и раннеордовикского возраста обнаружен также в высокометаморфизованных породах марункеуской, ханмейхойской и париквасьшорской свит (№ 39, 41, 44, 63, 70).

В обр. 23-1-12 зерна циркона с кембрийскими датировками составляют 76 %, остальная часть зерен имеет вендский возраст, сопоставимый с цирконовым возрастом гранитоидов (№ 9, 11, 17, 33, 36, 45. 47, 53, 57, 59, 65, 66, 74 в Прил. 1, табл. 1.1), диоритов погурейского комплекса (№ 75), габбро-долеритов сядатинского комплекса (№ 12), метабазальтов немуръюганской свиты (№ 13), риолитов и долеритов лядгейского комплекса (№ 28–30). Вендский возраст циркона установлен также в туфах бедамельской серии и туфовых прослоях в енганепэйской свите (№ 26, 27), а также в высокометаморфизованных породах марункеуской и ханмейхойской свит (№ 37, 51, 61–63).

В обоих рассматриваемых образцах по величине Th/U выделяется две основных группы зерен циркона. В большей части зерен Th/U отношение варьируется в пределах 0.1-0.4, реже встречается циркон, где оно составляет 0.03-0.07. Такая низкая величина Th/U, как в зернах второй группы, часто отмечается в цирконе метаморфического происхождения (например [Hoskin, Ireland, 2000; Kirkland et al., 2015; Rubatto, 2017]), но учитывая магматический облик зерен и наличие хорошо проявленной осцилляционной зональности, можно думать, что эти кристаллы, скорее всего, принадлежали магматическим породам. Зерна циркона первой группы наиболее близки по составу к циркону из позднекембрийско-раннеордовикских риолитов хойдышорской свиты и пайпудынского комплекса, а также из вендских гранитов Харбейского блока (рис. 15). Величина Th/U отношения в зернах циркона второй группы соответствует установленной в цирконе из диоритов кызыгейского комплекса поздневендского возраста. Существование этих двух обособленных групп циркона позволяет предположить, что главными источниками детритовых цирконовых зерен для песчаников хойдышорской свиты были раннепалеозойские вулканические и гипабиссальные породы кислого состава и вышедшие на уровень эрозионного среза вендские гранитоиды и диориты.

Важный результат, полученный при датировании детритового циркона из обломочных пород хойдышорской



Рис. 14. Нормированные кривые плотности вероятности возраста зерен циркона из песчаников хойдышорской свиты. Для сравнения приведены графики по верхнекембрийско-нижнеордовикским песчаникам Полярного Урала: манитанырдской серии [Nikulova, Soboleva, 2019; Soboleva et al., 2012b] и погурейской свиты [Soboleva et al., 2012b]. В правой части рисунка – фрагменты графиков для интервала 700–400 млн лет, подписаны максимумы плотности вероятности.

Fig. 14. Normalized probability density curves for the ages of zircon grains from sandstones of the Khoydyshor formation. For comparison, there are presented the graphs for the Upper Cambrian to Lower Ordovician sandstones of the Polar Urals: the Manitanyrd group [Nikulova, Soboleva, 2019; Soboleva et al., 2012b] and the Pogurey formation [Soboleva et al., 2012b]. On the right side of the figure there are curve fragments in the range of 700–400 Ma with maxima designated.

свиты (см. рис. 13 а, б), залегающих непосредственно на породах северо-восточного крыла эродированного орогена Тиманид, в сочетании с опубликованными датировками магматических и метаморфических пород Полярного Урала (см. рис. 13, в) – это доказательство непрерывности магматизма на рассматриваемой территории в диапазоне поздний рифей – ранний ордовик. Этот промежуток времени охватывает позднедокембрийский тектонический цикл, закончившийся формированием на рубеже венда и кембрия коллизионного орогена Тиманид, раннесреднекембрийский интервал, соответствующий поднятию территории и перерыву в осадконакоплении, и самое начало уральского позднекембрийско-пермского цикла.

Наличие стратиграфического, углового и азимутального несогласия между комплексами уралид и тиманид было установлено еще в середине прошлого века при геолого-съемочных работах (на западном склоне Полярного Урала – это работы М.Н. Парханова (1948), Ю.Б. Евдокимова (1959, 1961) и др.) и подтверждено последующими исследованиями. Считается, что молассовыми толщами позднедокембрийского орогена являются сохранившиеся участками обломочные отложения верхневендско-нижнекембрийских (?) енганепэйской свиты на Полярном Урале и лаптопайской свиты на Приполярном и Северном Урале [Belyakova, 1982; Puchkov, 1975].

О перерыве в осадконакоплении между двумя циклами, начавшемся, вероятно, еще в конце раннего кембрия и продолжавшемся весь средний кембрий, свидетельствует отсутствие отложений этого возраста и находки реликтов и вещества кембрийских кор выветривания в основании комплекса уралид [Yudovich et al., 1998, 2006; Kozyreva, Nikulova, 2012; Nikulova, 2016; Nikulova, Kozyreva, 2016; Ozerov et al., 1996; и

др.]. Перерыв в осадконакоплении, однако, не сопровождался перерывом в магматической деятельности, и этот вопрос недостаточно освещен в литературе. Раннесреднекембрийские магматические породы образовались позже накопления молассовых толщ, они не найдены в фундаменте Печорской плиты в составе реликтов орогена Тиманид, их внедрение соответствовало поднятию территории и предваряло начало уральского континентального рифтогенеза, поэтому логично предположить, что формирование этих магматических пород происходило на этапе предрифтового поднятия.

Состав магматических пород Западно-Уральской мегазоны Полярного Урала изменялся с позднего рифея до раннего ордовика в соответствии со сменяющимися геодинамическими обстановками (см. рис. 14).

Позднерифейско-ранневендские магматические комплексы, формировавшиеся в условиях эволюционировавшей активной окраины, представлены вулканитами непрерывно дифференцированных известково-щелочных серий и соответствующими им плутоническими породами, вулканитами контрастной базальт-риолитовой ассоциации, небольшими телами, дайками и силлами толеитовых габброидов и долеритов [Morgunova, Soboleva, 2007; Soboleva, 2011; Soboleva et al., 2008b, 2012a; Soboleva, Kulikova, 2009; State Geological Map..., 2007, 2015b].

Поздневендские магматические породы, которые, имеют коллизионное происхождение и маркируют время



Рис. 15. Состав зерен циркона из песчаников хойдышорской свиты на диаграмме Th/U – ²⁰⁶Pb/²³⁸U возраст.

Поля состава циркона из вулканических и плутонических пород Полярного Урала: 1 – риолитов лядгейского комплекса, туфов бедамельской серии и енганепэйской свиты (V₂), кряж Енганепэ [State Geological Map..., 2013b; Miller et al., 2018]; 2 – риолитов пожемского комплекса (\mathcal{E}_3 -O₁), р. Б. Тыкотлова [Soboleva et al., 2008a]; 3 – риолитов пайпудынского комплекса [\mathcal{E}_3 -O₁], р. Изъяшор, р. Бадьяшор, р. М. Уса, г. Борзова [State Geological Map..., 2013b]; 4 – риолитов хойдышорской свиты (\mathcal{E}_3 -O₁), р. М. Уса [State Geological Map..., 2013b]; 5 – диоритов кызыгейского комплекса (V₂), г. Борзова [State Geological Map..., 2013b]; 6, 7 – гнейсовидных гранитов (6 – V, 7 – \mathcal{E}_3 -O₁) Харбейского блока [Golubeva, 2011]; 8 – гранитов Сядатаяхинского массива (\mathcal{E}_1) [Andreichev et al., 2007]; 9 – гранитов Гердизского массива (\mathcal{E}_3) [Shuysky et al., 2018а]; 10 – гранитов блока Марункеу (\mathcal{E}_3) [Kulikova et al., 2012]. Серым цветом залиты точки, исключенные из рассмотрения.

Fig. 15. Compositions of zircon grains from sandstones of the Khoydyshor formation on the Th/U – ²⁰⁶Pb/²³⁸U age diagram.

Composition fields of zircon from volcanic and plutonic rocks of the Polar Urals: 1 – rhyolites of the Lyadgey complex, tuffs of the Bedamel group and the Enganepe formation (V_2) from the Enganepe ridge [State Geological Map..., 2013b; Miller et al., 2018]; 2 – rhyolites of the Pozhemsky complex (\mathcal{E}_3 -O₁) from the Bolshaya Tykotlova River [Soboleva et al., 2008a]; 3 – rhyolites of the Paipudyna complex (\mathcal{E}_3 -O₁) from the Izyashor, Badyashor and Malaya Usa rivers and the Borzov Mt. [State Geological Map..., 2013b]; 4 – rhyolites of the Khoydyshor formation (\mathcal{E}_3 -O₁) from the Malaya Usa River [State Geological Map..., 2013b]; 5 – diorites of the Kyzygey complex (V_2) from the Borzov Mt. [State Geological Map..., 2013b]; 6, 7 – gneissic granites (6 – V, 7 – \mathcal{E}_3 -O₁) of the Kharbey block [Golubeva, 2011]; 8 – granites of the Syadatayakha massif (\mathcal{E}_1) [Andreichev et al., 2007]; 9 – granites of the Gerdiz massif (\mathcal{E}_3) [Shuysky et al., 2018a]; 10 – granites of the Marunkeu block (\mathcal{E}_3) [Kulikova et al., 2012]. Gray-filled points are excluded from consideration.

образования орогена Тиманид, представлены преимущественно гранитоидами А-, I-, S-типа с подчиненным количеством диоритов и габброидов, риолитами и риодацитами нормальной и повышенной щелочности, дайками долеритов [State Geological Map..., 2013b, 2014b, 2015b; Soboleva, 2011; Ulyasheva, Grakova, 2016; Shishkin et al., 2004; Soboleva, Udoratina, 2010b; Miller et al., 2018].

Магматические породы раннесреднекембрийского возраста, образование которых, как можно полагать, связано с предрифтовым поднятием территории, – граниты А-типа, дайки риолитов, трахириолитов и долеритов [Andreichev et al., 2007; State Geological Map..., 2013a, 2014a, 2014b, 2015b].

Рифтогенные магматические породы позднекембрийско-раннеордовикского возраста представлены небольшими телами гранитов А-типа, дайками риолитов, трахириолитов, долеритов, иногда – гранодиоритов, диоритов и кварцевых диоритов, а также небольшим количеством эффузивных щелочных базальтоидов и риолитов в основании разреза комплекса уралид [Dushin, 1986; State Geological Map..., 2013b, 2014b, 2015a, 2015b, 2017; Soboleva, 2008, 2009; Soboleva, Udoratina, 2010a; Shishkin et al., 2004, 2009; Shuysky et al., 2015, 2018b; Yudovich et al., 2002].

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате U-Pb (LA-ICP-MS) датирования детритового циркона из песчаников хойдышорской свиты, залегающих на реликтах коллизионного орогена Тиманид в основании рифтогенного разреза комплекса уралид в бассейне р. Малая Уса на Полярном Урале, установлено, что обломочный материал начал поступать в эту толщу не ранее рубежа кембрия и ордовика. Позднекембрийско-раннеордовикский возраст песчаников и вероятная примесь в их составе продуктов конседиментационного вулканизма подтверждаются датировками риолитов, согласно залегающих среди песчаников (482±11 млн лет) и даек риолит-порфиров, прорывающих обломочную толщу (493–486 млн лет).

Узкий интервал полученных датировок 575–478 млн лет с пиковым значением 512 млн лет позволяет заключить, что главными источниками детритового циркона могли быть раннесреднекембрийские магматические породы, формировавшиеся на этапе предрифтового поднятия, в меньшей степени – позднекембрийскораннеордовикские рифтогенные образования, маркирующие начало уральского тектонического цикла, а также поздневендские магматические комплексы подстилающего орогена Тиманид. Судя по величине Th/U отношения, наиболее вероятными поставщиками детритового циркона были раннепалеозойские вулканические и гипабиссальные породы кислого состава, а также вендские гранитоиды и диориты.

Практически полное отсутствие зерен циркона с более древним возрастом, характерных для одновозрастных песчаников севера Урала, может свидетельствовать о накоплении песчаников хойдышорской свиты в локальном прогибе с местными источниками обломочного материала.

Результаты датирования детритовых цирконов из песчаников хойдышорской свиты в совокупности с составленной базой данных U-Pb возрастов циркона из магматических и метаморфических пород Полярного Урала свидетельствуют о том, что смена геодинамического режима от коллизионного орогенеза в позднем венде к раннесреднекембрийскому предрифтовому поднятию и последующему позднекембрийскораннеордовикскому рифтогенезу не сопровождалась заметным перерывом в магматической активности. Главные пики плотности значений U-Pb возраста циркона из магматических и метаморфических пород Полярного Урала приходятся на поздневендское, раннеи позднекембрийское время – 552, 521 и 500 млн лет, дополнительный пик 665 млн лет соответствует позднему рифею.

8. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность профессору Университета Калифорнии, г. Санта-Круз, США, Дж.К. Хоуригану за помощь при работе на масс-спектрометре, аналитических измерениях и расчетах и искренне признательны рецензентам статьи д.г.-м.н. А.Б. Кузьмичеву и д.г.-м.н. Н.Б. Кузнецову за конструктивные замечания.

9. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку рукописи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

All authors made an equivalent contribution to this article, read and approved the final manuscript.

10. РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ / DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью.

The authors declare that they have no conflicts of interest relevant to this manuscript.

11. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Аndreichev V.L., Larionov A.N., Litvinenko A.F., 2007. New Rb-Sr and U-Pb Data on the Age of Granitoids of Syadatayakha Intrusion (Polar Urals). Lithosphere 1, 147–154 (in Russian) [Андреичев В.Л., Ларионов А.Н., Литвиненко А.Ф. Новые Rb-Sr и U-Pb данные о возрасте гранитоидов Сядатаяхинской интрузии (Полярный Урал) // Литосфера. 2007. № 1. С. 147–154].

Andreichev V.L., Soboleva A.A., 2023. Age of Gabbro-Dolerites from the Sopki Kamennyie Pluton (the Northern Timan) According to the Results of U-Pb (SIMS) Zircon Dating. Proceedings of the Fersman Scientific Session of the GI KSC RAS 20, 263–270 (in Russian) [Андреичев В.Л., Соболева А.А. Возраст габбро-долеритов массива Сопки Каменные (Северный Тиман) по результатам U-Pb (SIMS) датирования циркона // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2023. № 20. С. 263–270]. https://doi. org/10.31241/FNS.2023.20.034.

Andreichev V.L., Soboleva A.A., Dovzhikova E.G., Miller E.L., Coble M.A., Larionov A.N., Vakulenko O.V., Sergeev S.A., 2017. Age of Granitoids in the Pripechora Fault Zone of the Basement of Pechora Basin: First U-Pb (SIMS) Data. Doklady Earth Sciences 474, 498–502. https://doi.org/10.1134/S1 028334X17050191.

Аndreichev V.L., Soboleva A.A., Dovzhikova E.G., Ronkin Yu.L., 2023a. Two Episodes of Subduction-Related Intrusive Magmatism within the Pechora Zone of the Pechora Basin Basement. Vestnik of Geosciences 10, 15–25 (in Russian) [Андреичев В.Л., Соболева А.А., Довжикова Е.Г., Ронкин Ю.Л. Два эпизода надсубдукционного интрузивного магматизма в пределах Печорской зоны фундамента Печорской синеклизы // Вестник геонаук. 2023. № 10. С. 15–25]. https://doi.org/10.19110/geov.2023.10.2.

Andreichev V.L., Soboleva A.A., Dovzhikova E.G., Ronkin Yu.L., Miller E.L., Coble M.A., 2023b. Granitoids in the Bolshezemel Zone of the Pechora Basin Basement: Composition and U-Pb Age. Russian Geology and Geophysics 64 (2), 148–157. https://doi.org/10.2113/RGG20224436.

Аndreichev V.L., Soboleva A.A., Udoratina O.V., Ronkin Yu.L., 2021. Zirconology of Syenites of the Northern Timan. Vestnik of Geosciences 6 (318), 16–27 (in Russian) [Андреичев В.Л., Соболева А.А., Удоратина О.В., Ронкин Ю.Л. Цирконология сиенитов Северного Тимана // Вестник геонаук. 2021. № 6 (318). С. 16–27]. https://doi.org/10.19110/geov. 2021.6.2.

Andreichev V.L., Soboleva A.A., Udoratina O.V., Ronkin Yu.L., Coble M.A., Miller E.L., 2020. Granites of Northern Timan – Probable Indicators of Neoproterozoic Stages of Rodinia Breakup. Geodynamics & Tectonophysics 11 (2), 201–218. https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-2-0470.

Beckholmen M., Glondy J., 2004. Timanian Blueschist-Facies Metamorphism in the Kvarkush Metamorphic Basement, Northern Urals, Russia. In: D.G. Gee, V. Pease (Eds), The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Vol. 30. Geological Society of London Memoirs, p. 125–134. https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2004.030.01.11.

Веlyakova L.T., 1982. Baikalian Volcanogenic Molasse of the Northern Urals and Bolshezemelskaya Tundra. Soviet Geology 10, 68–78 (in Russian) [Белякова Л.Т. Байкальская вулканогенная моласса севера Урала и Большеземельской тундры // Советская геология. 1982. № 10. С. 68–78].

Belyakova L.T., Bogatskij V.I., Bogdanov B.P., Dovzhikova E.G., Laskin V.M., 2008. The Basement of the Timan-Pechora Oil and Gas Basin. Kirov Regional Printing House, Kirov, 288 p. (in Russian) [Белякова Л.Т., Богацкий В.И., Богданов Б.П., Довжикова Е.Г., Ласкин В.М. Фундамент Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна. Киров: Кировская областная типография, 2008. 288 с.].

Belyakova L.T., Stepanenko V.I., 1990. Granitoids of the Basement of the Pechora Basin as Indicators of Tectonic-Magmatic Zoning. Doklady of the USSR Academy of Sciences 313 (3), 677–681 (in Russian) [Белякова Л.Т., Степаненко В.И. Гранитоиды фундамента Печорской синеклизы как индикаторы тектоно-магматической зональности // Доклады АН СССР. 1990. Т. 313. № 3. С. 677–681].

Belyakova L.T., Stepanenko V.I., 1991. Magmatism and Geodynamics of the Baikalide Basement of the Pechora Basin. Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Geological Series 12, 106–117 (in Russian) [Белякова Л.Т., Степаненко В.И. Магматизм и геодинамика байкалид фундамента Печорской синеклизы // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1991. № 12. С. 106–117].

Вerlyand N.G., 1989. Timan-Pechora Plate. In: А.I. Zhamoida, E.A. Kozlovsky, A.I. Krivtsov, R.I. Sokolov (Eds), Geological Structure and Mineralogy of the USSR. Vol. 10. Book 1. Nedra, Leningrad, p. 45–46 (in Russian) [Берлянд Н.Г. Тимано-Печорская плита // Геологическое строение и минерагения СССР / Ред. А.И. Жамойда, Е.А. Козловский, А.И. Кривцов, Р.И. Соколов. Л.: Недра, 1989. Т. 10. Кн. 1. С. 45–46].

Black L.P., Kamo S.L., Allen C.M., Davis D.W., Aleinikoff J.N., Valley J.W., Mundil R., Campbell I.H., Korsch R.J., Williams I.S., Foudoulis C., 2004. Improved ²⁰⁶Pb/²³⁸U Microprobe Geochronology by the Monitoring of a Trace Element Related Matrix Effect; SHRIMP, ID TIMS, ELA ICP MS and Oxygen Isotope Documentation for a Series of Zircon Standards. Chemical Geology 205 (1–2), 115–140. https://doi.org/10. 1016/j.chemgeo.2004.01.003.

Вогіsova Т.Р., Gertseva M.V., Egorov A.Yu., 2001. The Arct-Europe Supercontinent and Its Significance for Global Plate-Tectonic Reconstructions. In: Paleomagnetism and Magnetism of Rocks: Theory, Practice, Experiment. Materials of the Seminar (October 18–23, Borok). GEOS, Moscow, p. 93– 96 (in Russian) [Борисова Т.П., Герцева М.В., Егоров А.Ю. Суперконтинент Арктевропа и его значение для глобальных плито-тектонических реконструкций // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент: Материалы семинара (18–23 октября, Борок). М.: ГЕОС, 2001. С. 93–96].

Breivel M.G., Papulov G.N., Khodalevich A.N. (Eds), 1980. Unified and Correlation Stratigraphic Schemes of the Urals. Uralgeologia, Sverdlovsk (in Russian) [Унифицированные и корреляционные стратиграфические схемы Урала / Ред. М.Г. Брейвель, Г.Н. Папулов, А.Н. Ходалевич. Свердловск: Уралгеология, 1980].

Cherkashin A.V., 2013. New Data on the Age of Silicic Volcanics of the Hadata Trachyryolite Complex. In: Proceedings of the III International Scientific Practical Conference of Young Scientists and Specialists Devoted to Academician A.P. Karpinsky's Memory (February 11–15, 2013). VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, p. 780–783 (in Russian) [Черкашин А.В. Новые данные определения возраста кислых вулканитов хадатинского трахириолитового комплекса // Материалы III международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (11–15 февраля 2015 г.). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2013. C. 780–783].

Cherkashin A.V., Shishkin M.A., 2009. Clarification of Age of Silicic Volcanics of the Western Slope of the Polar Urals. In: Proceedings of the I International Scientific Practical Conference of Young Scientists and Specialists Devoted to Academician A.P. Karpinsky's Memory (February 24–27, 2009). VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, p. 87– 90 (in Russian) [Черкашин А.В., Шишкин М.А. Уточнение возрастных характеристик кислых вулканитов западного склона Полярного Урала // Материалы I международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (24–27 февраля 2009 г.). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. С. 87–90].

Coble M.A., Vazquez J., Barth A.P., Wooden J., Burns D., Kylander-Clark A., Jackson S., Vennari C.E., 2018. Trace Element Characterization of MAD-559 Zircon Reference Material for Ion Microprobe Analysis. Geostandards and Geoanalytical Research 42 (4), 481–497. https://doi.org/10. 1111/ggr.12238.

Cohen K.M., Finney S.C., Gibbard P.L., Fan J.-X., 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36 (3), 199–204. https://doi.org/10.18814/epiiugs/2013/v 36i3/002.

Dedeev V.A., Zaporozhtseva I.V., 1985. Earth Crust of the European North-East of the USSR. Nauka, Leningrad, 98 p. (in Russian) [Дедеев В.А., Запорожцева И.В. Земная кора европейского северо-востока СССР. Л.: Наука, 1985. 98 с.].

Dedeev V.A., Zhuravlev V.S., Zapolnov A.K., 1974. Timan and Pechora Folded Systems. In: Structure of the Basement of the Platform Regions of the USSR. Explanatory Note to the Tectonic Map of the Basement of the Territory of the USSR, scale 1:5000000. Nauka, Leningrad, p. 82–90 (in Russian) [Дедеев В.А., Журавлев В.С., Запольнов А.К. Тиманская и Печорская складчатые системы // Структура фундамента платформенных областей СССР: Объяснительная записка к Тектонической карте фундамента территории СССР масштаба 1:5000000. Л.: Наука, 1974. С. 82–90].

Dembovsky B.Ya., Dembovskaya Z.P., Kluzhina M.L., Miklyaev A.S., 1988. New Data on the Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Lower Paleozoic of the Western Slope of the North of the Urals. Publishing House of the Ural Branch of the USSR Academy of Sciences, Sverdlovsk, 62 p. (in Russian) [Дембовский Б.Я., Дембовская З.П., Клюжина М.Л., Микляев А.С. Новые данные по стратиграфии верхнего протерозоя и нижнего палеозоя западного склона севера Урала. Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1988. 62 c.].

Dembovsky B.Ya., Dembovskaya Z.P., Kluzhina M.L., Nasedkina V.A., 1985. Stratigraphy of the Basal Horizons of the Uralides of the Northern Part of the Polar Urals. In: Problems of the Precambrian and Lower Paleozoic of the Urals. Geolfond, Moscow, p. 63–68 (in Russian) [Дембовский Б.Я., Дембовская З.П., Клюжина М.Л., Наседкина В.А. Стратиграфия базальных горизонтов уралид северной части Полярного Урала // Проблемы докембрия и нижнего палеозоя Урала. М.: Геолфонд, 1985. С. 63–68].

Dembovsky B.Ya., Dembovskaya Z.P., Kluzhina M.L., Nasedkina V.A., 1990. Ordovician of the Subpolar Urals. Geology, Lithology, Stratigraphy. Publishing House of the Ural Branch of the USSR Academy of Sciences, Sverdlovsk, 192 р. (in Russian) [Дембовский Б.Я., Дембовская З.П., Клюжина М.Л., Наседкина В.А. Ордовик Приполярного Урала. Геология, литология, стратиграфия. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 192 с.].

Didenko A.N., Kurenkov S.A., Ruzhentsev S.V., Simonov V.A., Lubnina N.V., Kuznetsov N.B., Aristov V.A., Borisenok D.V., 2001. Tectonic History of the Polar Urals. Proceedings of GIN RAS. Iss. 531. Nauka, Moscow, 191 p. (in Russian) [Диденко А.Н., Куренков С.А., Руженцев С.В., Симонов В.А., Лубнина Н.В., Кузнецов Н.Б., Аристов В.А., Борисенок Д.В. Тектоническая история Полярного Урала // Труды ГИН РАН. М.: Наука, 2001. Вып. 531. 191 с.].

Dovzhikova E., Pease V., Remizov D., 2004. Neoproterozoic Island Arc Magmatism beneath the Pechora Basin, NW Russia. GFF 126 (4), 353–362. https://doi.org/10.1080/ 11035890401264353.

Dushin V.A., 1986. Early Paleozoic Alkaline-Basaltoid Volcanism of the Myogeosynclinal Area of the Polar Urals. Doklady of the USSR Academy of Sciences 286 (2), 398–401 (in Russian) [Душин В.А. Раннепалеозойский щелочнобазальтоидный вулканизм миогеосинклинальной области Полярного Урала // Доклады АН СССР. 1986. Т. 286. № 2. С. 398–401].

Dushin V.A., 1997. Magmatism and Geodynamics of the Paleocontinental Sector of the North of the Urals. Nedra, Moscow, 214 p. (in Russian) [Душин В.А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 214 с.].

Gafarov R.A., 1963. Structure of the Precambrian Basement of the North of the Russian Platform. Proceedings of GIN AS USSR. Iss. 85. Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow, 212 p. (in Russian) [Гафаров Р.А. Строение докембрийского фундамента севера Русской платформы // Труды ГИН АН СССР. Вып. 85. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 212 с.].

Gee D.G., Beliakova L., Pease V., Larionov A., Dovzhikova L., 2000. New, Single Zircon (Pb-Evaporation) Ages from Vendian Intrusions in the Basement beneath the Pechora Basin. Northeastern Baltica. Polarforschung 68, 161–170.

Gee D.G., Pease V. (Eds), 2004. The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Vol. 30. Geological Society of London Memoirs, 255 p. https://doi.org/10.1144/GSL. MEM.2004.030.01.01.

Getsen V.G., 1987. Tectonics of Timan. Nauka, Leningrad, 144 p. (in Russian) [Гецен В.Г. Тектоника Тимана. Л.: Наука, 144 с.].

Getsen V.G., 1991. Geodynamic Reconstruction of the Development of the Northeast of the European Part of the USSR for the Late Proterozoic Stage. Geotectonics 5, 26–37 (in Russian) [Гецен В.Г. Геодинамическая реконструкция развития северо-востока европейской части СССР для позднепротерозойского этапа // Геотектоника. 1991. № 5. С. 26–37].

Goldin B.A., Davydov V.I., Kalinin E.I., Fishman M.V., 1973. Volcanic Complexes of the Riphean and Lower Paleozoic of the North of the Urals. Nauka, Leningrad, 212 p. (in Russian) [Голдин Б.А., Давыдов В.И., Калинин Е.И., Фишман М.В.

Geodynamics & Tectonophysics 2024 Volume 15 Issue 2

Вулканические комплексы рифея и нижнего палеозоя севера Урала. Л.: Наука, 1973. 212 с.].

Goldin B.A., Kalinin E.P., Puchkov V.N., 1999. Magmatic Formations of the Western Slope of the North Urals and Their Mineralogy. Syktyvkar, 213 p. (in Russian) [Голдин В.А., Калинин Е.П., Пучков В.Н. Магматические формации западного склона севера Урала и их минерагения. Сыктывкар, 1999. 213 с.].

Golubeva I.I., 2011. The First Results of U-Pb Dating of Zircons from Gneissic Granites of the Kharbei Complex (Polar Urals). Doklady Earth Sciences 439, 1048–1053. https://doi.org/10.1134/S1028334X11080022.

Griffin W.L., Powell W.J., Pearson N.J., O'Reilly S.Y., 2008. GLITTER: Data Reduction Software for Laser Ablation ICP-MS. In: P.J. Sylvester (Ed.), Laser Ablation ICP-MS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues. Mineralogical Association of Canada Short Course Series. Vol. 40. Vancouver, p. 308–311.

Harnois L., 1988. The CIW Index: A New Chemical Index of Weathering. Sedimentary Geology 55 (3–4), 319–322. https://doi.org/10.1016/0037-0738(88)90137-6.

Herron M.M., 1988. Geochemical Classification of Terrigenous Sands and Shales from Core or Log Date. Journal of Sedimentary Petrology 58 (5), 820–829. https://doi.org/ 10.1306/212F8E77-2B24-11D7-8648000102C1865D.

Horstwood M.S.A., Kosler J., Gehrels G., Jackson S.E., McLean N.M., Paton Ch., Pearson N.J., Sircombe K. et al., 2016. Community-Derived Standards for LA-ICP-MS U-(Th-)Pb Geochronology – Uncertainty Propagation, Age Interpretation and Data Reporting. Geostandards and Geoanalytical Research 40 (3), 311–332. https://doi.org/10.1111/j.17 51-908X.2016.00379.x.

Hoskin P.W.O., Ireland T.R., 2000. Rare Earth Element Chemistry of Zircon and Its Use as a Provenance Indicator. Geology 28 (7), 627–630. https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<627:REECOZ>2.0.CO;2.

Ivanov K.S., 1998. Distinctive Features of the Geological History (1.6–0.2 Ga) and Structure of the Urals. PhD Thesis (Doctor of Geology and Mineralogy). Ekaterinburg, 252 p. (in Russian) [Иванов К.С. Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд лет) и строения Урала: Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 1998. 252 с.].

Ivanov S.N., Puchkov V.N., Ivanov K.S., Samarkin G.I., Semyonov I.V., Pumpyanskiy A.I., Dymkin A.M., Poltavets Yu.A., Rusin A.I., Krasnobaev A.A., 1986. Formation of the Earth's Crust of the Urals. Nauka, Moscow, 248 p. (in Russian) [Иванов С.Н., Пучков В.Н., Иванов К.С., Самаркин Г.И., Семенов И.В., Пумпянский А.И., Дымкин А.М., Полтавец Ю.А., Русин А.И., Краснобаев А.А. Формирование земной коры Урала. М.: Наука, 1986. 248 с.].

Ivensen Yu.P., 1964. Magmatism of Timan and Kanin Peninsula. Moscow–Leningrad, Nauka, 126 p. (in Russian) [Ивенсен Ю.П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. М.-Л.: Наука, 1964. 126 с.].

Khain E.V., Bibikova E.V., Salnikova E.B., Kröner A., Gibsher A.S., Didenko A.N., Degtyarev K.E., Fedotova A.A., 2003. The Palaeo-Asian Ocean in the Neoproterozoic and Early Paleozoic: New Geochronologic Data and Paleotectonic Reconstructions. Precambrian Research 122 (1–4), 329–358. https://doi.org/10.1016/S0301-9268(02)00218-8.

Khain E.V., Fedotova A.A., Bibikova E.V., Salnikova E.B., Kotov A.B., Burgat K.P., Kovach V.P., Remizov D.N., 2005. The Neoproterozoic and Early Paleozoic Geologic History of the Ural-Kazakhstan Margin of the Paleoasian Ocean Using New Isotopic and Geochronologic Data Obtained for the Polar Ural's Region. Russian Journal of Earth Sciences 7, ES5003. https://doi.org/10.2205/2005ES000188.

Khain V.E., Filatova N.I., 2009. From Hyperborea to Arctida: The Problem of the Precambrian Central Arctic Craton. Doklady Earth Sciences 428, 1076–1079. https://doi.org/ 10.1134/S1028334X09070071.

Кheraskov N.P., 1948. The Principles of Compiling Tectonic Maps of the Folded Areas of the Southern Urals. Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Geological Series 5, 121–134 (in Russian) [Херасков Н.П. Принципы составления тектонических карт складчатых областей Южного Урала // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1948. № 5. С. 121–134].

Kheraskov N.P., Perfiliev A.S., 1963. Main Features of Geosynclinal Structures of the Urals. In: Problems of Regional Tectonics of Eurasia. Iss. 92. Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow, p. 35–63 (in Russian) [Xeрасков Н.П., Перфильев А.С. Основные особенности геосинклинальных структур Урала // Проблемы региональной тектоники Евразии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. Вып. 92. С. 35–63].

Khubanov V.B., Buyantuev M.D., Tsygankov A.A., 2016. U-Pb Dating of Zircons from PZ_3 – MZ Igneous Complexes of Transbaikalia by Sector-Field Mass Spectrometry with Laser Sampling: Technique and Comparison with SHRIMP. Russian Geology and Geophysics 57 (1), 190–205. https:// doi.org/10.1016/j.rgg.2016.01.013.

Kirkland C.L., Smithies R.H., Taylor R.J.M., Evans N., McDonald B., 2015. Zircon Th/U Ratios in Magmatic Environs. Lithos 212–215, 397–414. https://doi.org/10.10 16/j.lithos.2014.11.021.

Коstyuchenko S.L., 1994. The Structure and Tectonic Model of the Earth Crust of the Timan-Pechora Plate Based on Integrated Geologic-Geophysical Study. In: Yu.G. Leonov, M.P. Antipov, A.E. Morozov, L.N. Solodilov (Eds), Tectonics and Magmatism of East-European Platform. Proceeding of the International Workshop "Intraplate Tectonics and Geodynamics of Sedimentary Basins". KMK, Moscow, p. 121–133 (in Russian) [Костюченко С.Л. Структура и тектоническая модель земной коры Тимано-Печорского бассейна по результатам комплексного геолого-геофизического изучения // Тектоника и магматизм Восточно-Европейской платформы: Материалы Международного семинара «Внутриплитная тектоника и геодинамика осадочных бассейнов» / Ред. Ю.Г. Леонов, М.П. Антипов, А.Е. Морозов, Л.Н. Солодилов. М.: КМК, 1994. С. 121–133].

Kostyukhin M.N., Stepanenko V.I., 1987. Baikalian Magmatism of the Kanin-Timan Region. Nauka, Leningrad, 232 p. (in Russian) [Костюхин М.Н., Степаненко В.И. Байкальский магматизм Канино-Тиманского региона. Л.: Наука, 1987. 232 c.]. Коzyreva I.V., Nikulova N.Yu., 2012. Mineralogy and Geochemistry of Rocks in Interformational Contact on Sauripe Ridge. Vestnik of the Institute of Geology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 4, 2–6 (in Russian) [Козырева И.В., Никулова Н.Ю. Минералогия и геохимия пород в зоне межформационного контакта на хр. Саурипэ // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2012. № 4. С. 2–6].

Kulikova K.V., Soboleva A.A., Udoratina O.V., Grove M., 2012. Age of Metagranitoids of the Eclogite-Gneiss Complex of the Marunkeu Ridge (Polar Urals). In: Geodynamics, Ore Deposits and the Deep Structure of the Lithosphere. XV Readings in Memory of Academician A.N. Zavaritsky. Materials of the All-Russian Scientific Conference with International Participation (September 11-14, 2012). IGG UB RAS, Ekaterinburg, p. 155–157 (in Russian) [Куликова К.В., Соболева А.А., Удоратина О.В., Гроув М. Возраст метагранитоидов эклогит-гнейсового комплекса хребта Марункеу (Полярный Урал) // XV Чтения памяти академика А.Н. Заварицкого: Геодинамика, рудные месторождения и глубинное строение литосферы: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (11-14 сентября 2012 г.). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. С. 155-157].

Киznetsov N.B., 2009. Cambrian Collision of Baltica and Arctica – The Initial Stage of "Assembly" of the Northern Part of the Late Palaeozoic – Early Mesozoic Pangea. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series 84 (1), 18–38 (in Russian) [Кузнецов Н.Б. Кембрийская коллизия Балтики и Арктиды – начальный этап «собирания» северной части позднепалеозойско-раннемезозойской Пангеи // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. 2009. Т. 84. Вып. 1. С. 18–38].

Киznetsov N.B., Soboleva A.A., Udoratina O.V., Hertseva M.V., Andreichev V.L., Dorokhov N.S., 2006. Pre-Uralian Tectonic Evolution of the North-East and East Frame of the East European Craton. Part 1. Pre-Uralides, Timanides and Pre-Ordovician Granitoid Volcano-Plutonic Associations of the North Urals and Timan-Pechora Region. Lithosphere 4, 3–22 (in Russian) [Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В., Андреичев В.Л., Дорохов Н.С. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Статья 1. Протоуралиды, тиманиды и доордовикские гранитоидные вулканоплутонические ассоциации севера Урала и Тимано-Печорского региона // Литосфера. 2006. № 4. С.3–22].

Киznetsov N.B., Soboleva A.A., Udoratina O.V., Hertseva M.V., Andreichev V.L., Dorokhov N.S., 2007. Pre-Uralian Tectonic Evolution of the North-East and East Frame of the East European Craton. Part 2. Neoproterozoic-Cambrian Baltica-Arctida Collision. Lithosphere 1, 32–45 (in Russian) [Kyзнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В., Герцева М.В., Андреичев В.Л., Дорохов Н.С. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Статья 2. Позднедокембрийско-кембрийская коллизия Балтики и Арктиды // Литосфера. 2007. № 1. С.32–45]. Larionov A.N., Andreichev V.L., Gee D.G., 2004. The Vendian Alkaline Igneous Suite of Northern Timan: Ion Microprobe U-Pb Zircon Ages of Gabbros and Syenite. In: D.G. Gee, V. Pease (Eds), The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Vol. 30. Geological Society of London Memoirs, p. 69–74. https://doi.org/10.1144/gsl.mem.2004.0 30.01.07.

Ludwig K.R., 2012. ISOPLOT 3.75. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. User's Manual. Berkeley Geochronology Center Special Publication 5, 75 p.

Makhlaev L.V., 1996. Granitoids of the North of the Central Ural Uplift (Polar and Subpolar Urals). Publishing House of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, 148 p. (in Russian) [Махлаев Л.В. Гранитоиды севера Центрально-Уральского поднятия (Полярный и Приполярный Урал). Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 148 с.].

Malkov B.A., 1972. Petrology of the Dyke Series of Alkaline Gabbroids of the Northern Timan. Nauka, Leningrad, 128 p. (in Russian) [Мальков Б.А. Петрология дайковой серии щелочных габброидов Северного Тимана. Л.: Наука, 1972. 128 с.].

Melgunov A.N., Morozov A.F., Vodolazskaya V.P., Zhdanov A.V., Berlyand N.G., Vernik I.I., Denisov V.A., Dushin V.A., Kazak A.P., Kashubin S.N. et al., 2010. The Main Features of the Geological Structure and Mineral and Raw Material Potential of the Northern, Subpolar and Polar Urals. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 274 p. (in Russian) [Мельгунов А.Н., Морозов А.Ф., Водолазская В.П., Жданов А.В., Берлянд Н.Г., Верник И.И., Денисов В.А., Душин В.А., Казак А.П., Кашубин С.Н. и др. Основные черты геологического строения и минерально-сырьевой потенциал Северного, Приполярного и Полярного Урала. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. 274 с.].

Metelkin D.V., Vernikovsky V.A., Matushkin N.Yu., 2015. Arctida between Rodinia and Pangea. Precambrian Research 259, 114–129. http://doi.org/10.1016/j.precamres.2014. 09.013.

Mikhailenko Yu.V., Soboleva A.A., Hourigan J.K., 2016. U-Pb Age of Detrital Zircons from Upper Precambrian Deposits of the Sredni and Rybachi Peninsulas (Northern Margin of the Kola Peninsula). Stratigraphy and Geological Correlation 24, 439–463. http://doi.org/10.1134/S08695938 1605004X.

Miller E.L., Meisling K.E., Akinin V.V., Brumley K., Coakley B.J., Gottlieb E.S., Hoiland C.W, O'Brien T.M., Soboleva A.A., Toro J., 2018. Circum-Arctic Lithosphere Evolution (Cale) Transect C: Displacement of the Arctic Alaska – Chukotka Microplate Towards the Pacific during Opening of the Amerasia Basin of the Arctic. In: V. Pease, B. Coakley (Eds), Circum-Arctic Lithosphere Evolution. Vol. 460. Geological Society of London Special Publications, p. 57–120. https://doi.org/10.1144/ SP460.9.

Morgunova A.A., Soboleva A.A., 2007. Relics of the Root Part of the Post-Riphean Primitive Island Arc in the North of the Enganape Uplift (Polar Urals). Vestnik of the Institute of Geology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 12, 13–18 (in Russian) [Моргунова А.А., Соболева А.А. Реликты корневой части позднерифейской примитивной островной дуги на севере поднятия Енганапэ (Полярный Урал) // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2007. № 12. С. 13–18].

Nesbitt H.W., Young G.M., 1982. Early Proterozoic Climates and Plate Motions Inferred from Major Element Chemistry of Lutites. Nature 299, 715–717. http://doi.org/10. 1038/299715a0.

Nikulova N.Yu., 2016. Lythological and Chemical Composition and Depositional Conditions of Basal Uralides Deposits in the Basin of Malaya Usa River (Polar Urals). Regional Geology and Metallogeny 66, 20–29 (in Russian) [Никулова Н.Ю. Вещественный состав и условия образования базальных отложений уралид в бассейне р. Малая Уса (Полярный Урал) // Региональная геология и металлогения. 2016. № 66. С. 20–29].

Nikulova N.Yu., Kozyreva I.V., 2016. The Substance Composition and Features of Formation of Metapsammites of the Ridge Ochenyrd (Polar Urals). Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences 4 (28), 101–111 (in Russian) [Никулова Н.Ю., Козырева И.В. Вещественный состав и особенности формирования метапсаммитов хребта Оченырд (Полярный Урал) // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2016. № 4 (28). С. 101–111].

Nikulova N.Yu., Soboleva A.A., 2019. Detrital Zircon U-Pb Dating from Sandstones of the Manitanyrd Series at the Manitanyrd Ridge (Polar Urals). Vestnik of the Institute of Geology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 6 (294), 3–11 (in Russian) [Никулова Н.Ю., Соболева А.А. Результаты U-Pb-датирования детритовых цирконов из песчаников манитанырдской серии на кряже Манитанырд (Полярный Урал) // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2019. № 6 (294). С. 3–11]. https://doi.org/10.19110/2221-1381-2019-6-3-11.

Olovyanishnikov V.G., 1998. Upper Precambrian of Timan and Kanin Peninsula. Publishing House of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, 163 p. (in Russian) [Оловянишников В.Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. 163 с.].

Olovyanishnikov V.G., Bushuyev A.S., Dokhsanyants E.P., 1996. The Structure of the Conjugation Zone of the Russian and Pechora Plates from Geological and Geophysical Data. Doklady Earth Sciences 351 (8), 1228–1232.

Orlov S.Yu., Kuznetsov N.B., Miller E.L., Soboleva A.A., Udoratina O.V., 2011. Age Constraints for the Pre-Uralide– Timanide Orogenic Event Inferred from the Study of Detrital Zircons. Doklady Earth Sciences 440, 1216–1221. https:// doi.org/10.1134/S1028334X11090078.

Оzerov V.S., 1996. Metamorphosed Gold Placers of the Subpolar Urals. Ores and Metals 4, 28–38 (in Russian) [Озеров В.С. Метаморфизованные россыпи золота Приполярного Урала // Руды и металлы. 1996. № 4. С. 28–38].

Petrov G.A., Ronkin Y.L., Lepikhina O.P., Popova O.Y., 2005. High-Pressure Metamorphism of the Northern Urals – Two Epochs? In: Yearbook 2004. IGG UB RAS Publishing House, Ekaterinburg, p. 97–102 (in Russian) [Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П., Попова О.Ю. Высокобарический метаморфизм севера Урала – две эпохи? Ежегодник-2004. Екатеринбург: Изд-во ИГГ УрО РАН, 2005. С. 97–102].

Petrov O.V. (Ed.), 2016. Geological Map of Russia and Adjacent Water Areas. Scale 1:2500000. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg (in Russian) [Геологическая карта России и прилегающих акваторий. Масштаб 1:2500000 / Ред. О.В. Петров. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2016].

Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R., 1987. Sand and Sandstone. Springer, New York, 553 p. https://doi.org/10.1007/ 978-1-4612-1066-5.

Puchkov V.N., 1975. Structural Relations of the Subpolar Urals and the Russian Platform. Nauka, Leningrad, 208 p. (in Russian) [Пучков В.Н. Структурные связи Приполярного Урала и Русской платформы. Л.: Наука, 1975. 208 с.].

Puchkov V.N., 1997. Structural Relationships between Precambrian and Paleozoic at the Periphery of the Bashkir Anticlinorium, Southern Urals. Doklady Earth Sciences 353 (2), 185–189.

Puchkov V.N., 2005. Evolution of the Lithosphere: from the Pechora Ocean to the Timan Orogen, from the Paleoural Ocean to the Ural Orogen. In: Problems of Tectonics of Central Asia. GEOS, Moscow, p. 309–342 (in Russian) [Пучков В.Н. Эволюция литосферы: от Печорского океана к Тиманскому орогену, от Палеоуральского океана к Уральскому орогену // Проблемы тектоники Центральной Азии. М.: ГЕОС, 2005. С. 309–342].

Puchkov V.N., 2010. Geology of the Urals and Cisurals (Topical Issues of Stratigraphy, Tectonics, Geodynamics and Metallogeny). DizaynPoligrafServis, Ufa, 280 p. (in Russian) [Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 c.].

Rubatto D., 2017. Zircon: The Metamorphic Mineral. Reviews in Mineralogy and Geochemistry 83 (1), 261–295. https://doi.org/10.2138/rmg.2017.83.9.

Scarrow J.H., Pease V., Fleutelot C., Dushin V., 2001. The Late Neoproterozoic Enganape Ophiolites, Polar Urals, Russia: An Extension of the Cadomian Arc? Precambrian Research 110 (1–4), 255–275. https://doi.org/10.1016/S0301-9268 (01)00191-7.

Sharman G.R., Graham S.A., Grove M.A., Hourigan J.K., 2013. A Reappraisal of the Early Slip History of the San Andreas Fault, Central California, USA. Geology 41 (7), 727–730. https://doi.org/10.1130/G34214.1.

Shatsky N.S., 1946. The Main Features of the Structure and Development of the East European Platform. Comparative Tectonics of Ancient Platforms. Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Geological Series 1, 5–62 (in Russian) [Шатский Н.С. Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы. Сравнительная тектоника древних платформ // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1946. № 1. С. 5–62].

Shishkin M.A., Malykh I.M., Matukov D.I., Sergeev S.A., 2004. Rhyolite Complexes of the Western Slope of the Polar

Urals. In: Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia. Proceedings of the Materials of the XIV Geological Congress of the Republic of Komi (April 13–16, 2004). Vol. II. Geoprint, Syktyvkar, p. 148–150 (in Russian) [Шишкин М.А., Малых И.М., Матуков Д.И., Сергеев С.А. Риолитовые комплексы западного склона Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Материалы XIV Геологического съезда Республики Коми. Сыктывкар: Геопринт, 2004. Т. II. С. 148–150].

Shishkin M.A., Shkarubo S.I., Markina N.M., Molchanova E.V., Kalaus S.V., 2009. Main Results of Creation of a Set of the State Geological Map at Scale 1:1000000 (Third Edition), Sheet R-41 (Amderma). In: Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia. Proceedings of the XV Geological Congress of the Komi Republic (April 13–16, 2009. Vol. II. IG Komi SC UB RAS, Syktyvkar, p. 183–185 (in Russian) [Шишкин М.А., Шкарубо С.И., Маркина Н.М., Молчанова Е.В., Калаус С.В. Основные итоги создания комплекта государственной геологической карты м-ба 1:1000000 (З-е поколение) листа R-41 (Амдерма) // Геология и минеральные ресурсы Европейского съезда Республики Коми (13–16 апреля, 2009). Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. Т. II. С. 183–185].

Shuysky A.S., Udoratina O.V., Koble M.A., 2018a. Granitoids of the Central Part of the Gerdiz Pluton (Polar Urals): U-Pb (SIMS) Data. In: Methods and Geological Results of the Study of Isotopic Geochronometric Systems of Minerals and Rocks. Proceedings of the Materials of the 7th Russian Conference on Isotope Geochronology (June 5–7, 2018). IGEM RAS, Moscow, p. 383–386 (in Russian) [Шуйский А.С., Удоратина О.В., Кобл М.А. Гранитоиды центральной части Гердизского массива (Полярный Урал): U-Pb (SIMS) данные // Методы и геологические результаты изучения изотопных геохронометрических систем минералов и пород: Материалы 7-й российской конференции по изотопной геохронологии (5–7 июня 2018 г.). М.: ИГЕМ РАН, 2018. С. 383–386].

Shuysky A.S., Udoratina O.V., Miller E.L., Coble M.A., 2015. Metagranitoids of the Ingilorsky Massif (Polar Urals): U-Pb Data. In: Proceedings of the IV International Scientific Practical Conference of Young Scientists and Specialists Devoted to Academician A.P. Karpinsky's Memory (February 16–20, 2015). VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, p. 481– 485 (in Russian) [Шуйский А.С., Удоратина О.В., Миллер Е.Л., Кобл М. Метагранитоиды Ингилорского массива (Полярный Урал): U-Pb данные // Материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (16–20 февраля 2015 г.). СПб.: Изд-во BCEГЕИ, 2015. C. 481–485].

Shuysky A.S., Udoratina O.V., Miller E.L., Coble M.A., 2018b. Granites of the Gerdiz Massif (Polar Urals): New Data. Vestnik of the Institute of Geology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 12, 23–30. https://doi.org/10.19110/2221-1381-2018-12-23-30.

Skripnichenko V.A., 1978. Gabbro-Syenite Complex of the Northern Timan. Doklady of the USSR Academy of Sciences 238 (1), 211–214 (in Russian) [Скрипниченко В.А. Габбро-сиенитовый комплекс Северного Тимана // Доклады АН СССР. 1978. Т. 238. № 1. С. 211–214].

Sláma J., Košler J., Condon D.J., Crowley J.L., Gerdes A., Hanchar J.M., Horstwood M.S.A., Morris G.A. et al., 2008. Plešovice Zircon – A New Natural Reference Material for U-Pb and Hf Isotopic Microanalysis. Chemical Geology 249 (1–2), 1–35. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2007.11.005.

Sobolev I.D., Novikova A.S., Vikentyev I.V., Sheshukov V.S., Dubensky A.S., Travin A.V., Varlamov D.A., Bortnikov N.S., 2022. Two Stages of the Assembly of the Pangea Supercontinent in the Polar Urals: The First U/Pb (LA-ICP-MS) and ⁴⁰Ar/³⁹Ar Dating of the Yarkeu Complex. Doklady Earth Sciences 507, S357–S364. https://doi.org/10.1134/S102 8334X22601663.

Soboleva A.A., 2008. Geochemical Features and Age of Rhyolites of the Big Paipudyna Ridge (Polar Urals). In: Structural-Material Complexes and Problems of Geodynamics of Precambrian Phanerozoic Orogens. Proceedings of III Readings in Memory of S.N. Ivanov. Publishing House of IGG UB RAS, Ekaterinburg, p. 149–152 (in Russian) [Соболева А.А. Геохимические особенности и возраст риолитов Большого Пайпудынского хребта (Полярный Урал) // Структурно-вещественные комплексы и проблемы геодинамики докембрия фанерозойских орогенов: Материалы III Чтений памяти С.Н. Иванова. Екатеринбург: Изд-во ИГГ УрО РАН, 2008. С. 149–152].

Soboleva A.A., 2009. Occurrence of Silicic Volcanism at the Cambrian-Ordovician Boundary on the Northeastern Margin of the East European Continent. In: Volcanism and Geodynamics. Proceedings of the IV All-Russian Symposium on Volcanology and Palaeovolcanology. Vol. 2. Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, p. 524–527 (in Russian) [Соболева А.А. Проявления кремнекислого вулканизма на рубеже кембрия и ордовика на северо-восточной окраине Восточно-Европейского континента // Вулканизм и геодинамика: Материалы IV всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 524–527].

Soboleva A.A., 2011. Pre-Uralides of the Enganepe Anticline (Polar Urals) and Products of Their Desintegration. In: A.M. Pystin (Ed.), Deep Structure of the Timan-Northern Urals Region. Geoprint, Syktyvkar, p. 63–94 (in Russian) [Соболева А.А. Доуралиды антиклинали Енганепэ (Полярный Урал) и продукты их разрушения // Глубинное строение Тимано-Североуральского региона / Ред. А.М. Пыстин. Сыктывкар: Геопринт, 2011. С. 63–94].

Soboleva A.A., Ivanov V.N., Kuzenkov N.A., Vasiliev A.K., 2008a. Origin and Age of Rhyolites of the Tynagota-Tykotlova area (Subpolar Urals). In: Petrology and Mineralogy of the Northern Urals and Timan. Proceedings of the Institute of Geology of Komi Science Centre Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Iss. 124. Komi SC UB RAS, Syktyvkar, p. 27–51 (in Russian) [Соболева А.А., Иванов В.Н., Кузенков Н.А., Васильев А.К. Происхождение и возраст риолитов Тынаготско-Тыкотловского района (Приполярный Урал) // Петрология и минералогия севера Урала и Тимана: Труды Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2008. Вып. 124. С. 27–51].

Soboleva A.A., Karchevskii A.F., Efanova L.I., Kuznetsov N.B., Grove M., Sobolev I.D., Maurin M.V., 2012a. Evidence for Late Riphean Granite Formation in the Polar Urals. Doklady Earth Sciences 442, 181–187. https://doi.org/10. 1134/S1028334X12020080.

Soboleva A.A., Khashimova Yu.V., Andreichev V.L., Dovzhikova E.G., Adamskaya Ye.V., Lvov P.A., 2023. Ediacaran Volcanism of the Bolshezemelskaya Zone of the Basement of the Timan-Pechora Plate. In: Geodynamics and Minerageny of Northern Eurasia. Proceedings of the VI International Scientific Conference Dedicated to the 50th Anniversary of the Dobretsov Geological Institute SB RAS (March 13-17, 2022). Buryat State University Publishing Department, Ulan-Ude, p. 491–493 (in Russian) [Соболева А.А., Хашимова Ю.В., Андреичев В.Л., Довжикова Е.Г., Адамская Е.В., Львов П.А. Эдиакарский вулканизм Большеземельской зоны фундамента Тимано-Печорской плиты // Геодинамика и минерагения Северной Евразии: Материалы VI международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН (13-17 марта 2023 г.). Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2023. С. 491-493].

Soboleva A.A., Kulikova K.V., 2009. Precambrian Paleo-Island Arc Complexes as a Part of the Proto-Uralides-Timanides of the Polar Urals. In: Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia. Proceedings of the Materials of the XV Geological Congress of the Republic of Komi (April 13–16, 2009). Vol. II. IG Komi SC UB RAS, Syktyvkar, p. 326–327 (in Russian) [Соболева А.А., Куликова К.В. Докембрийские палеоостроводужные комплексы в составе протоуралид-тиманид Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы европейского северовостока России: Материалы XV Геологического съезда Республики Коми (13–16 апреля 2009 г.). Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. Т. II. С. 326–327].

Soboleva A.A., Kulikova K.V., Morgunova A.A., Bezinova L.V., 2008b. Fragments of the Pre-Uralian History of the Enganepe Uplift. Vestnik of the Institute of Geology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 4 (160), 7–12 (in Russian) [Соболева А.А., Куликова К.В., Моргунова А.А., Безинова Л.В. Фрагменты доуральской истории поднятия Енганепэ // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2008. № 4. С. 7–12].

Soboleva A.A., Kuznetsov N.B., Miller E.L., Udoratina O.V., Gehrels G., Romanyuk T.V., 2012b. The First Results of U-Pb Dating of Detrital Zircons from Basal Horizons of Uralides (Polar Urals). Doklady Earth Sciences 445, 962–968. https:// doi.org/10.1134/S1028334X12080156.

Soboleva A.A., Udoratina O.V., 2010a. Neoproterozoic and Early Paleozoic A-Type Rhyolites and Granites in the Subpolar and Polar Urals. In: Rämö O.T., Lukkari S., Heinonen A. (Eds.), International Conference on A-Type Granites and Related Rocks through Time (IGCP-510) (August 18–20, 2010): Abstracts Volume. Helsinki, p. 101–103.

Soboleva A.A., Udoratina O.V., 2010b. Pre-Ural Granitoids in the Urals. Vestnik of the Institute of Geology of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 9, 16–17 (in Russian) [Соболева А.А., Удоратина О.В. Доуральские гранитоиды на Урале // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2010. № 9. С. 16–17].

Soboleva A.A., Udoratina O.V., Kuznetsov N.B., Miller E., Grove M., 2013. Age of the Cover Facies of the Youngest Volcanics of the Pre-Uralides in the Polar Urals According to U-Pb Dating of Zircons. In: From Mineralogy to Geochemistry. Collection of Scientific Works Dedicated to the 130th Anniversary of the Birth of Academician Alexander Evgenievich Fersman (June 5–7, 2013, Beregovoe, Crimea). Kiev, p. 192– 194 (in Russian) [Соболева А.А., Удоратина О.В., Кузнецов Н.Б., Миллер Е., Гроув М. Возраст покровной фации наиболее поздних вулканитов доуралид Полярного Урала по данным U-Pb датирования цирконов // От минералогии до геохимии: Сборник научных трудов к 130-летию со дня рождения академика Александра Евгеньевича Ферсмана (5–7 июня, 2013 г., Береговое, АР Крым). Киев, 2013. С. 192–194].

State Geological Map of the Russian Federation, 2007. Series Ural. Scale 1:1000000. Sheet Q-41 (Vorkuta). Explanatory Note. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 541 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000. Серия Уральская. Лист Q-41 (Воркута): Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 541 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2013a. Polar-Ural Series. Scale 1:200000. Sheet Q-41-XI. Explanatory Note. Moscow Branch of VSEGEI, Moscow, 216 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Полярно-Уральская. Масштаб 1:200000. Лист Q-41-XI: Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. 216 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2013b. Polar-Ural Series. Scale 1:200000. Sheets Q-41-V, VI (Vorkuta). Explanatory Note. Моscow Branch of VSEGEI, Мoscow, 262 р. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Полярно-Уральская. Масштаб 1:200000. Лист Q-41-V, VI (Воркута): Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. 262 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2014a. Polar-Ural Series. Scale 1:200000. Sheet Q-41-XVI (Khordyus). Explanatory Note. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 256 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Полярно-Уральская. Масштаб 1:200000. Лист Q-41-XVI (г. Хордъюс): Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. 256 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2014b. West Siberian Series. Scale 1:1000000. Sheet Q-42 (Salekhard). Explanatory Note. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 396 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Западно-Сибирская серия. Масштаб 1:1000000. Лист Q-42 (Салехард): Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2014. 396 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2014с. Polar-Ural Series. Scale 1:200000. Sheet Q-42-VII, VIII (Obskoy). Explanatory Note. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 446 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Полярно-Уральская. Масштаб 1:200000. Лист Q-42-VII, VIII (Обской): Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2014. 446 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2015a. Polar-Ural Series. Scale 1:200000. Sheet Q-41-XXI, XXII (Evyrgort). Explanatory Note. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 174 р. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Полярно-Уральская. Масштаб 1:200 000. Лист Q-41-XXI, XXII (Евыргорт): Объяснительная записка. Спб.: ВСЕГЕИ, 2015. 174 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2015b. West Siberian Series. Scale 1:1000000. Sheet R-42 (Yamal Peninsula). Explanatory Note. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 366 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Западно-Сибирская. Масштаб 1:1000000. Лист R-42 (п-ов Ямал): Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2015. 366 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2017. Polar-Ural Series. Scale 1:200000. Sheet Q-41-XV (Meskashor). Explanatory Note. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 182 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Полярно-Уральская. Масштаб 1:200000 Лист Q-41-XV (Мескашор): Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2017. 182 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2022. Polar-Ural Series. Scale 1:200000. Sheet Q-41-IX, X (Sivomaskinsky). Explanatory Note. VSEGEI Publishing House, Saint Petersburg, 155 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Полярно-Уральская. Масштаб 1:200000. Лист Q-41-IX, X (Сивомаскинский): Объяснительная записка. СПб.: Издво ВСЕГЕИ, 2022. 155 с.].

Udoratina O.V., 2007. Rare Metal Complexes of the Polar Urals (Geochronology and Study of Inclusions in Zircons, Taykeuskoe Deposit). Geoprint, Syktyvkar, 28 p. (in Russian) [Удоратина О.В. Редкометалльные комплексы Полярного Урала (геохронология и исследование включений в цирконах, Тайкеуское месторождение). Сыктывкар: Геопринт, 2007. 28 с.].

Udoratina O.V., Andreichev V.L., Kapitanova V.A., Larionov A.N., 2015. Rare-Metal Granitoids (Neudachnoye Deposit, Polar Urals). National Geology 4, 9–16 (in Russian) [Удоратина О.В., Андреичев В.Л., Капитанова В.А., Ларионов А.Н. Редкометалльные гранитоиды (месторождение Неудачное, Полярный Урал) // Отечественная геология. 2015. № 4. С. 9–16].

Udoratina O.V., Kudryashov N.M., 2018. Rare-Metal Rocks of the Ust-Mramornoye Deposit (Polar Urals): U-Pb ID TIMS

Data. In: Methods and Geological Results of the Study of Isotopic Geochronometric Systems of Minerals and Rocks. Proceedings of the Materials of the 7th Russian Conference on Isotope Geochronology (June 5–7, 2018). IGEM RAS, Moscow, p. 363–366 (in Russian) [Удоратина О.В., Кудряшов Н.М. Редкометалльные породы месторождения Усть-Мраморное (Полярный Урал): U-Pb ID TIMS данные // Методы и геологические результаты изучения изотопных геохронометрических систем минералов и пород: Материалы 7-й российской конференции по изотопной геохронологии (5–7 июня 2018 г.). М.: ИГЕМ РАН, 2018. С. 363–366].

Udoratina O.V., Kulikova K.V., Shuisky A.S., Soboleva A.A., Andreichev V.L., Golubeva I.I., Kapitanova V.A., 2022. Granitoids of the North of the Urals: Geochronology, Evolution, Sources. Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar, 120 p. (in Russian) [Удоратина О.В., Куликова К.В., Шуйский А.С., Соболева А.А., Андреичев В.Л., Голубева И.И., Капитанова В.А. Гранитоиды севера Урала: геохронология, эволюция, источники. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ Уро РАН, 2022. 120 с.]. DOI:10.19110/98491-044.

Udoratina O.V., Salnikova E.B., Yakovleva S.Z., Fedoseenko A.M., Plotkina Yu.V., 2009. The Age of Ore-Bearing Granites of the Longyugansk Rare-Metal Deposit (Polar Ural): U-Pb Results of Geochronological Studies. In: Isotopic Systems and Time of Geological Processes. Proceedings of the Materials IV Russian Conference in Isotope Geochronology (June 2–4, 2009). Vol. 2. Katalkina, Saint Petersburg, p. 227– 228 (in Russian) [Удоратина О.В., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Федосеенко А.М., Плоткина Ю.В. Возраст рудоносных гранитов Лонготъюганского редкометалльного месторождения (Полярный Урал): результаты U-Pb геохронологических исследований // Изотопные системы и время геологических процессов: Материалы IV российской конференции по изотопной геохронологии (2-4 июня 2009 г.). СПб.: ИП Каталкина, 2009. Т. II. C. 227-228].

Ulyasheva N.S., Grakova O.V., 2016. U-Pb LA-SF-ICP-MS Age and Geochemical Features of Small Bodies of Granitoids of the Western Part of the Kharbey Block (Polar Urals). In: Structure, Substance, History of the Lithosphere of the Timan-North Urals Segment. Proceedings of the 25th Scientific Conference (November 29 – December 1, 2016). Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar, p. 185– 189 (in Russian) [Уляшева Н.С., Гракова О.В. U-Pb LA-SF-ICP-MS возраст и геохимические особенности мелких тел гранитоидов западного крыла Харбейского выступа (Полярный Урал) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 25-й научной конференции (29 ноября – 1 декабря 2016 г.). Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. C. 185–189].

Van Achterbergh E., Ryan C.G., Jackson S.E., Griffin W.L., 2001. Data Reduction Software for LA-ICP-MS. Appendix. In: P.J. Sylvester (Ed.), Laser Ablation-ICP-Mass Spectrometry in the Earth Sciences. Principles and Applications. Mineralogical Association of Canada Short Course Series. Vol. 29. Mineralogical Association of Canada, Ottawa, p. 239–243. Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S., 2013. New Multi-Dimensional Diagrams for Tectonic Discrimination of Siliciclastic Sediments and Their Application to Precambrian Basins. Chemical Geology 355, 117–133. https://doi.org/10. 1016/j.chemgeo.2013.07.014.

Vermeesch P., 2018. IsoplotR: A Free and Open Toolbox for Geochronology. Geoscience Frontiers 9 (5), 1479–1493. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.04.001.

Wiedenbeck M., Allé P., Corfu F., Griffin W.L., Meier M., Oberli F., Von Quadt A., Roddick J.C., Spiegel W., 1995. Three Natural Zircon Standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, Trace Element and REE Analyses. Geostandards Newsletter 19 (1), 1–23. https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1995.tb00147.x.

Yudin V.V., Dedeev V.A., 1987. Geodynamic Model of the Pechora Plate. Series of Pre-Prints "Scientific Reports". Iss. 171. Komi Branch of the USSR Academy of Sciences, Syktyvkar, 12 p. (in Russian) [Юдин В.В., Дедеев В.А. Геодинамическая модель Печорской плиты // Серия препринтов «Научные доклады». Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1987. Вып. 171. 12 с.].

Yudovich Y.E., Efanova L.I., Shvetsova I.V., Kozyreva I.V., Kotelnikova E.A., 1998. The Zone of Interformational Contact in the Circus of the Grubependity Lake. Geoprint, Syktyvkar, 98 p. (in Russian) [Юдович Я.Э., Ефанова Л.И., Швецова И.В., Козырева И.В., Котельникова Е.А. Зона межформационного контакта в каре оз. Грубепендиты. Сыктывкар: Геопринт, 1998. 98 с.].

Yudovich Y.E., Makhlaev L.V., Ketris M.P., 2002. Ultra-Potassium Basaltoid at the Base of the Uralides of the Engane-Pe Ridge. Geochemistry of Ancient Strata of the Northern Part of the Urals. Geoprint, Syktyvkar, р. 158–161 (in Russian) [Юдович Я.Э., Махлаев Л.В., Кетрис М.П. Ультракалиевый базальтоид в основании уралид хр. Енганэ-Пэ // Геохимия древних толщ севера Урала. Сыктывкар: Геопринт, 2002. С. 158–161].

Yudovich Y.E., Nikulova N.Yu., Kazachkin M.Yu., Ketris M.P., Shvetsova I.V., 2006. Riphean-Paleozoic Interformational Contact of Uralides and Pre-uralides on the Upper Reaches Pechora River. Lithosphere 1, 135–144 (in Russian) [Юдович Я.Э., Никулова Н.Ю., Казачкин М.Ю., Кетрис М.П., Швецова И.В. Межформационный контакт уралид/доуралид в верховьях р. Печоры // Литосфера. 2006. № 1. С. 135–144].

Zhuravlev V.S., Gafarov R.A., 1959. Tectonic Scheme of the Northeast of the Russian Platform. Doklady of the USSR Academy of Sciences 128 (5), 151–152 (in Russian) [Журавлев В.С., Гафаров Р.А. Схема тектоники северо-востока Русской платформы // Доклады АН СССР. 1959. Т. 128. № 5. С. 151–152].

Zonenshain L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M., 1990. Tectonics of Lithospheric Plates of the USSR. Book 1. Nedra, Moscow, 328 p. (in Russian) [Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990. Кн.1. 328 с.].

Zonenshain L.P., Natapov L.M., 1987. Tectonic History of the Arctic. In: Actual Problems of Tectonics of Oceans and Continents. Nauka, Moscow, p. 31–57 (in Russian) [Зоненшайн Л.П., Натапов Л.М. Тектоническая история Арктики // Актуальные проблемы тектоники океанов и континентов. М.: Наука, 1987. С. 31–57].

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 / APPENDIX 1

Таблица 1.1. U-Pb (SIMS) возраст циркона из магматических и метаморфических пород Полярного Урала
Table 1.1. U-Pb (SIMS) age of zircons from igneous and metamorphic rocks of the Polar Urals

Nº	Магматическое тело, комплекс, свита	Порода	Возраст, млн лет	Литературный источник
1	Дайки риолитов на правобережье р. Нярмаяха (лядгейский комплекс)	Риолит	521±5, 519±4	[State Geological Map, 2015b]
2	Дайки риолитов на правобережье рек Нярмаяха и Нгысыгейяха (пайпудынский комплекс)	Риолит	512±6, 506±6, 503±5, 495±3, 482±5	[State Geological Map, 2015b]
3	Хахаремский массив (пайпудынский комплекс)	Риолит	503±7	[State Geological Map, 2015b]
4	Нярминский массив (кызыгейский комплекс)	Диорит	524±5	[State Geological Map, 2015b]
5	Кызыгейский массив (кызыгейский комплекс)	Субвулканическая порода основного состава	520±3	[State Geological Map, 2015b]
6	Кызыгейский массив	Гранодиорит	501±4	[State Geological Map, 2015b]
7	Кызыгейский массив	Диорит	505±6	[State Geological Map, 2015b]
8	Дайки на правобережье р. Нярмаяха и Нгысыгейяха	Кварцевый диорит	500±5, 492±2	[State Geological Map, 2015b]
9	Бедашорский массив (кызыгейский комплекс)	Диорит	554±3	[State Geological Map, 2015b]
10	Очетинский массив (пайпудынский комплекс)	Гранит	500±5	[Shishkin et al., 2009]
11	Дайки на правобережье р. Большая Хуутаяха (очетывисский комплекс)	Гранит-порфир	550±6, 549±7, 536±6, 534±5	[State Geological Map, 2015b]
12	Дайки на правобережье р. Нгындермаяха (сядатинский комплекс)	Габбро-диабаз	578±6	[State Geological Map, 2015b]
13	Немуръюганская свита, бассейн р. Нгумсавэйяха	Метабазальт	574±6	[State Geological Map, 2015b]
14	Силл на правобережье р. Нензояха (хадатинский комплекс)	Трахириолит	499±4	[State Geological Map, 2015b]
15	Силл в верховьях р. Пензенгояха (орангъюганско-лемвинский комплекс)	Габбро-долерит	512±5	[State Geological Map, 2015b]
16	Дайка, северный склон г. Борзова (пайпудынский комплекс)	Риолит	489±6	[State Geological Map, 2013b; Shishkin et al., 2004]
17	Интрузия на левобережье р. Бол. Кара (кызыгейский комплекс)	Кварцевый диорит	542±9	[State Geological Map, 2013b]
18	Дайка в верховьях р. Малая Уса (пайпудынский комплекс)	Риолит	493±3	[State Geological Map, 2013b; Shishkin et al., 2004]
19	Эффузивный поток, верховья р. Малая Уса (хойдышорская свита)	Риолит	482±11	[State Geological Map, 2013b; Shishkin et al., 2004]
20	Дайка, хр. Изъяшор (пайпудынский комплекс)	Риолит	480±20	[State Geological Map, 2013b]
21	Дайка, р. Большой Бадьяшор (пайпудынский комплекс)	Риолит	486±4	[State Geological Map, 2013b; Shishkin et al., 2004]
22	Тектонический блок в серпентиновом меланже, север поднятия Енганепэ	Тоналит	734±8	[Morgunova, Soboleva, 2007]
23	Тектонический блок в серпентиновом меланже, север поднятия Енганепэ	Тоналит	719±10	[State Geological Map, 2007]
24	Тектонический блок в серпентиновом меланже, север поднятия Енганепэ, жила	Плагиогранит	670±5	[Khain et al., 2003]
25	Пайпудынский массив (пайпудынский комплекс)	Риолит	501±4	http://geochron-atlas.vsegei.ru
26	Енганепэйская свита	Туф	559±4, 552±4	[Soboleva et al., 2013]

Таблица 1.1 (продолжение) **Table 1.1** (continued)

Nº	Магматическое тело, комплекс, свита	Порода	Возраст, млн лет	Литературный источник
27	Верхи бедамельской серии	Туф	555±3	[Soboleva et al., 2013]
28	Субвулканические тела в южной части поднятия Енганепэ (лядгейский комплекс)	Риолит	555±3, 548±6, 547±1	[Shishkin et al., 2004]
29	Субвулканическое тело в южной части поднятия Енганепэ (лядгейский комплекс)	Риолит	550±4	[Miller et al., 2018]
30	Дайка в южной части поднятия Енганепэ (лядгейский комплекс)	Долерит	549±3	[Miller et al., 2018]
31	Интрузия в южной части поднятия Енганепэ, г. Южная	Гранодиорит	638±5	[Soboleva et al., 2012a]
32	Тело на левобережье р. Большая Щучья	Лейкогранит	503±6	[State Geological Map, 2014b]
33	Поэтарский (Нодэягинский) массив	Гранит	562±7, 559±7, 558±8	[Melgunov et al., 2010]
34	Гердизский массив, северная часть, жила	Плагиогнейсогранит	529±6	[State Geological Map, 2014b]
35	Гердизский массив, северная часть	Гранит	496±7	[Shuysky et al., 2018b]
36	Гердизский массив, южная часть	Гранит	573±10	[Shuysky et al., 2018a]
37	Ханмейхойская свита, левобережье р. Большая Хадата, ручьи Базовый и Няровойхадата	Гнейс	675±5, 623±5, 600±4	[State Geological Map, 2014b]
38	Генахадатинский массив (хадатинский комплекс)	Трахириолит	494±5, 497±5	[Cherkashin, 2013; State Geological Map, 2014b]
39	Марункеуский метаморфический комплекс, правобережье р. Большая Хадата	Слюдяной плагиогнейс	527±5, 481±3	[State Geological Map, 2014b]
40	Тело на хр. Марункеу, Слюдяная Горка	Метагранит	495±2	[Kulikova et al., 2012]
41	Тело на хр. Марункеу	Метагранит	533±4	[State Geological Map, 2014b]
42	Ингилорский массив	Лейкогранит	503±5	[State Geological Map, 2014b]
43	Ингилорский массив	Гранит	487±7	[Shuysky et al., 2015]
44	Марункеуский метаморфический комплекс, руч. Нягар-Нео-Шор	Гранитизированный гнейс	524±3	[State Geological Map, 2014b]
45	Неудачный массив	Гранит	563±3	[Udoratina et al., 2015]
46	Сядатаяхинский массив	Гранит	516±2	[Andreichev et al., 2007]
47	Сядатаяхинский массив	Лейкогранит	544±3	[State Geological Map, 2014b]
48	Усть-Мраморный массив	Гранит	522±8, 524±9	[State Geological Map, 2014b]
49	Усть-Мраморный массив	Гранит	536±31, 526±8, 522±7, 516±16	[Melgunov et al., 2010]
50	Усть-Мраморный массив	Гранит	474±11	[Udoratina, Kudryashov, 2018]
51	Тело на левобережье р. Немуръёган, руч. Няршор	Мусковитовый гранит	546±2	[Ulyasheva, Grakova, 2016]
52	Тайкеуский массив	Гранит	519±4	[State Geological Map, 2014a]
53	Тайкеуский массив	Гранит	564±6	[Udoratina, 2007]
54	Тайкеуский массив	Гранит	525±10, 525±9, 523±10, 513±3	[Melgunov et al., 2010]
55	Лонготьюганский массив	Гранит	482±8	[State Geological Map, 2014b]
56	Лонготьюганский массив	Гранит	526±9, 524±8, 517±7	[Melgunov et al., 2010]
57	Лонготьюганский массив	Гранит	605±18	[Udoratina et al., 2015]
58	Лонготьюганский массив	Гранит	512±8	[Udoratina et al., 2009]

Таблица 1.1 (продолжение) **Table 1.1** (continued)

N⁰	Магматическое тело, комплекс, свита	Порода	Возраст, млн лет	Литературный источник
59	Харбейский массив	Лейкогранит	592±10, 591±9, 525±34, 507±19	[Melgunov et al., 2010]
60	Бадьяюганский массив	Метадиорит	671±4, 663±6	[Melgunov et al., 2010]
61	Ханмейхойская свита, правобережье р. Большой Харбей, руч. Ровный	Альбитовый амфиболит	555±4	[State Geological Map, 2014b]
62	Ханмейхойская свита, правобережье р. Большой Харбей	Гнейс гранатсодержащий	582±5	[State Geological Map, 2014b]
63	Ханмейхойская свита, правобережье р. Большой Харбей, руч. Широкий	Гранитизированный амфиболит	577±5, 529±4	[State Geological Map, 2014b]
64	Тело на р. Лаптаёган	Гнейсогранит	487±2	[Golubeva, 2011]
65	Гранитные тела Харбейского блока	Гнейсовидный метаплагиориолит	561±8, 571±6	[State Geological Map, 2014b]
66	Евъюганский массив	Гнейсогранит	557±2, 497±3	[Golubeva, 2011]
67	Гранитные тела Харбейского блока	Гнейс	643±16	[Khain et al., 2005]
68	Сандибейский массив	Гранитогнейс	535±26	[State Geological Map, 2014c]
69	Малосандибейский массив	Гранит	639±7	[State Geological Map, 2014c]
70	Париквасьшорская свита	Биотит-плагиоклазовый парагнейс	664±5, 518±5	[State Geological Map, 2014b]
71	Интрузия на г. Яркеу	Кварцевый монцодиорит	687±3	[Sobolev et al., 2022]
72	Тело на правобережье р. Большая Хараматолоу (кыквымщорский комплекс)	Плагиогранит	521±2	[State Geological Map, 2013a]
73	Ивтысьшорская свита	Риолит	660±10	[State Geological Map, 2022]
74	Дайки на правобережье р. Левая Юньяга (погурейский комплекс)	Кварцевый субщелочной метадиорит	553±6, 554±3	[State Geological Map, 2022]
75	Дайка на правобережье р. Левая Юньяга (погурейский комплекс)	Метагранит	549±5	[State Geological Map, 2022]
76	Тело в верховьях руч. Погурей-Соим (пожемский комплекс)	Риолит	510±4	[State Geological Map, 2014a]
77	Тело в верховьях р. Игядейюган (пожемский комплекс)	Риолит	488±5	[State Geological Map, 2017]
78	Тело в бассейне р. Левая Грубею (лемвинский комплекс)	Риолит	522±3	[Cherkashin, Shishkin, 2009]
79	Тела в бассейне р. Колокольня, руч. Пожемавис (пожемский комплекс)	Риолит	506±11, 500±6, 475±10, 485±10	[Cherkashin, Shishkin, 2009; State Geological Map, 2015a]
80	Тыкотловский массив (пожемский комплекс)	Риолит	484±3	[Soboleva et al., 2008a]

Примечание. Номера в таблице соответствуют номерам на выносках на рис. 4.

Note. The numbers in the table correspond to the numbers on the leader lines in Fig. 4.

Компоненты	6-12	23-1-12
SiO ₂	77.94	71.30
TiO ₂	0.30	1.29
Al ₂ O ₃	10.54	13.06
Fe ₂ O ₃	2.37	2.53
FeO	0.73	1.33
MnO	0.011	0.046
MgO	0.90	0.88
CaO	0.53	1.16
Na ₂ O	0.83	1.72
K ₂ 0	3.58	4.12
P ₂ O ₅	0.100	0.027
П.п.п / LOI	2.11	1.91
Сумма / Total	99.94	99.37
H_2O^-	0.36	0.13
CO_2	0.13	0.10
Литс	охимические коэффицие	нты
$lg(SiO_2/Al_2O_3)$	0.87	0.74
DF1	-1.03	-1.17
DF2	-1.63	-2.10
CIA	63	58
CIW	82	73

Таблица 1.2. Содержание петрогенных оксидов в песчаниках хойдышорской свиты, мас. % **Table 1.2.** Petrogenic oxide content in sandstones of the Khoydyshor formation, wt. %

Примечание. Содержания петрогенных элементов определены методом классического химического анализа в ИГ КНЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). DF1 = $-0.263\ln(TiO_2/SiO_2) + 0.604\ln(Al_2O_3/SiO_2) - 1.725\ln(Fe_2O_3^*/SiO_2) + 0.66\ln(MnO/SiO_2) + 2.191\ln(MgO/SiO_2) + 0.144\ln(CaO/SiO_2) - 1.304\ln(Na_2O/SiO_2) + 0.054\ln(K_2O/SiO_2) - 0.33\ln(P_2O_5/SiO_2) + 1.588, DF2 = -1.196\ln(TiO_2/SiO_2) + 1.064\ln(Al_2O_3/SiO_2) + 0.303\ln(Fe_2O_3^*/SiO_2) + +0.436\ln(MnO/SiO_2) + 0.838\ln(MgO/SiO_2) - 0.407\ln(CaO/SiO_2) + 1.021\ln(Na_2O/SiO_2) - 1.706\ln(K_2O/SiO_2) - 0.126\ln(P_2O_5/SiO_2) - 1.068, CIA=100·Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O).$

Note. Contents of petrogenic elements were determined by the wet chemical analysis method at the IG KSC UB RAS (Syktyvkar). DF1 = $-0.263\ln(TiO_2/SiO_2) + 0.604\ln(Al_2O_3/SiO_2) - 1.725\ln(Fe_2O_3^*/SiO_2) + 0.66\ln(MnO/SiO_2) + 2.191\ln(MgO/SiO_2) + 0.144\ln(CaO/SiO_2) - 1.304\ln(Na_2O/SiO_2) + 0.054\ln(K_2O/SiO_2) - 0.33\ln(P_2O_5/SiO_2) + 1.588$, DF2 = $-1.196\ln(TiO_2/SiO_2) + 1.064\ln(Al_2O_3/SiO_2) + 0.303\ln(Fe_2O_3^*/SiO_2) + 0.436\ln(MnO/SiO_2) + 0.838\ln(MgO/SiO_2) - 0.407\ln(CaO/SiO_2) + 1.021\ln(Na_2O/SiO_2) - 1.706\ln(K_2O/SiO_2) - 0.126\ln(P_2O_5/SiO_2) - 1.068$, CIA=100·Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O), CIW=100·Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O), CIW=100·Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O), CIW=100·Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O).

		m1 (**			Изотопные от	гношения			Рассчитанный возраст, млн лет							D 04
Точка	U, г/т	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	D, %
1	215	0.16	0.0573	0.0017	0.6441	0.0184	0.0816	0.0017	0.34	505	5	505	6	504	32	0
2	588	0.04	0.0585	0.0015	0.6800	0.0168	0.0844	0.0017	0.39	523	5	527	5	547	27	1
3	426	0.10	0.0586	0.0015	0.6521	0.0167	0.0808	0.0016	0.38	501	5	510	5	552	28	2
4	262	0.24	0.0605	0.0017	0.6713	0.0185	0.0806	0.0016	0.34	499	5	522	6	621	30	4
5	250	0.25	0.0589	0.0017	0.6580	0.0183	0.0810	0.0017	0.35	502	5	513	6	565	30	2
6	272	0.13	0.0585	0.0016	0.6465	0.0180	0.0803	0.0016	0.36	498	5	506	6	547	30	2
7	1319	0.06	0.0587	0.0014	0.6736	0.0163	0.0834	0.0017	0.40	516	5	523	5	554	26	1
8	470	0.14	0.0568	0.0015	0.6239	0.0162	0.0798	0.0016	0.39	495	5	492	5	482	29	-1
9	156	0.15	0.0593	0.0019	0.6546	0.0207	0.0801	0.0017	0.30	497	5	511	6	578	34	3
10	413	0.05	0.0584	0.0015	0.6818	0.0179	0.0848	0.0017	0.39	525	5	528	5	543	29	1
11	647	0.18	0.0574	0.0015	0.6618	0.0172	0.0837	0.0017	0.39	518	5	516	5	507	28	0
12	219	0.16	0.0585	0.0018	0.6635	0.0199	0.0824	0.0017	0.34	510	5	517	6	548	33	1
13	346	0.03	0.0577	0.0016	0.6921	0.0193	0.0871	0.0018	0.36	538	5	534	6	517	31	-1
14	290	0.18	0.0563	0.0016	0.6370	0.0181	0.0821	0.0017	0.37	509	5	501	6	463	31	-2
15	321	0.24	0.0571	0.0016	0.6540	0.0184	0.0832	0.0017	0.36	515	5	511	6	494	31	-1
16	1539	0.23	0.0571	0.0015	0.6420	0.0164	0.0816	0.0017	0.40	505	5	504	5	496	28	0
17	978	0.13	0.0570	0.0015	0.6499	0.0170	0.0827	0.0017	0.41	512	5	508	5	492	29	-1
18	229	0.22	0.0576	0.0017	0.6494	0.0196	0.0819	0.0017	0.35	507	5	508	6	512	33	0
19	813	0.04	0.0573	0.0015	0.6653	0.0178	0.0843	0.0018	0.40	522	5	518	5	501	29	-1
20	331	0.26	0.0567	0.0016	0.6350	0.0183	0.0813	0.0017	0.36	504	5	499	6	479	32	-1
21	520	0.14	0.0574	0.0016	0.6575	0.0187	0.0832	0.0018	0.38	515	5	513	6	506	31	0
22	2405	0.22	0.0570	0.0015	0.6592	0.0179	0.0840	0.0018	0.41	520	5	514	5	489	30	-1
23	410	0.20	0.0571	0.0017	0.6530	0.0193	0.0830	0.0018	0.37	514	5	510	6	494	32	-1
24	786	0.04	0.0573	0.0016	0.6748	0.0192	0.0855	0.0018	0.40	529	5	524	6	503	31	-1
25	804	0.23	0.0568	0.0016	0.6270	0.0180	0.0801	0.0017	0.39	497	5	494	6	482	31	-1
26	469	0.18	0.0569	0.0017	0.6450	0.0193	0.0823	0.0018	0.37	510	5	505	6	486	33	-1
27	220	0.16	0.0577	0.0019	0.6498	0.0212	0.0817	0.0018	0.33	506	5	508	7	520	35	0
28	272	0.22	0.0556	0.0018	0.6349	0.0205	0.0829	0.0018	0.35	514	5	499	6	435	35	-3
29	644	0.30	0.0570	0.0017	0.6198	0.0186	0.0789	0.0017	0.37	490	5	490	6	491	33	0
30	1119	0.06	0.0577	0.0017	0.6718	0.0199	0.0846	0.0018	0.38	523	5	522	6	516	32	0

Таблица 1.3. Результаты U-Pb датирования детритовых цирконов из песчаников обр. 6-12 **Table 1.3.** Results of U-Pb dating of detrital zircons from sandstones sample 6-12

Таблица 1.3 (продолжение)

Table 1.3 (continued)

m	U, г/т	г/т Th/U			Изотопные от	гношения			DI.		Pace	читанный воз	враст, м.	пн лет		D 0/
Точка	U, г/т	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	D, %
31	234	0.16	0.0568	0.0020	0.6424	0.0224	0.0821	0.0018	0.33	508	5	504	7	484	38	-1
32	457	0.05	0.0568	0.0018	0.6626	0.0215	0.0847	0.0019	0.36	524	6	516	7	483	35	-1
33	224	0.18	0.0571	0.0020	0.6498	0.0227	0.0826	0.0018	0.33	512	5	508	7	494	38	-1
34	1783	0.04	0.0570	0.0017	0.6587	0.0206	0.0839	0.0018	0.38	520	5	514	6	489	34	-1
35	1800	0.09	0.0573	0.0018	0.6493	0.0206	0.0823	0.0018	0.37	510	5	508	6	502	34	0
36	1313	0.06	0.0566	0.0018	0.6752	0.0217	0.0865	0.0019	0.37	535	6	524	7	477	35	-2
37	618	0.36	0.0563	0.0018	0.6403	0.0213	0.0825	0.0018	0.36	511	5	503	7	465	36	-2
38	212	0.14	0.0566	0.0021	0.6453	0.0237	0.0827	0.0019	0.32	512	6	506	7	476	40	-1
39	291	0.20	0.0567	0.0020	0.6585	0.0235	0.0844	0.0019	0.33	522	6	514	7	477	39	-2
40	1221	0.19	0.0556	0.0018	0.6187	0.0208	0.0807	0.0018	0.35	501	5	489	7	437	36	-2
41	215	0.61	0.0563	0.0022	0.6832	0.0266	0.0880	0.0020	0.32	544	6	529	8	465	42	-3
42	420	0.20	0.0567	0.0021	0.6703	0.0248	0.0859	0.0019	0.33	531	6	521	8	477	40	-2
43	1128	0.06	0.0566	0.0020	0.6732	0.0241	0.0863	0.0019	0.35	534	6	523	7	476	39	-2
44	398	0.23	0.0572	0.0021	0.6535	0.0246	0.0830	0.0019	0.34	514	6	511	8	497	40	-1
45	1466	0.18	0.0576	0.0020	0.6663	0.0243	0.0840	0.0019	0.35	520	6	519	7	515	39	0
46	289	0.19	0.0558	0.0022	0.6551	0.0259	0.0853	0.0020	0.32	528	6	512	8	442	42	-3
47	480	0.21	0.0562	0.0021	0.6421	0.0246	0.0829	0.0019	0.34	514	6	504	8	460	41	-2
48	545	0.13	0.0561	0.0021	0.6586	0.0254	0.0852	0.0020	0.33	527	6	514	8	457	41	-3
49	178	0.27	0.0593	0.0030	0.6436	0.0327	0.0788	0.0019	0.25	489	6	505	10	579	54	3
50	429	0.17	0.0566	0.0022	0.6436	0.0256	0.0826	0.0019	0.33	512	6	505	8	474	43	-1
51	1628	0.21	0.0565	0.0022	0.6612	0.0265	0.0849	0.0020	0.34	525	6	515	8	473	43	-2
52	277	0.24	0.0567	0.0024	0.6579	0.0283	0.0843	0.0020	0.30	522	6	513	9	478	46	-2
53	1719	0.10	0.0567	0.0023	0.6481	0.0266	0.0830	0.0019	0.33	514	6	507	8	480	44	-1
54	395	0.22	0.0565	0.0024	0.6548	0.0281	0.0842	0.0020	0.31	521	6	511	9	470	46	-2
55	286	0.23	0.0573	0.0025	0.6628	0.0291	0.0841	0.0020	0.31	520	6	516	9	501	47	-1
56	223	0.14	0.0580	0.0026	0.6616	0.0300	0.0828	0.0020	0.30	513	6	516	9	531	48	1
57	238	0.24	0.0563	0.0025	0.6420	0.0293	0.0828	0.0020	0.30	513	6	504	9	463	49	-2
58	477	0.17	0.0560	0.0024	0.6408	0.0285	0.0831	0.0020	0.31	514	6	503	9	453	47	-2
59	1186	0.20	0.0573	0.0025	0.6474	0.0285	0.0820	0.0020	0.32	508	6	507	9	503	47	0
60	395	0.21	0.0571	0.0026	0.6531	0.0298	0.0831	0.0020	0.30	515	6	510	9	494	49	-1

Таблица 1.3 (продолжение)

Table 1.3 (continued)

		m) (11			Изотопные о	гношения			DI		Pace	читанный воз	зраст, м	лн лет		D 0/
Точка	υ, γ/τ	In/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	Kno	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	D, %
61	205	0.28	0.0583	0.0028	0.6645	0.0328	0.0828	0.0020	0.29	513	6	517	10	540	53	1
62	445	0.19	0.0553	0.0026	0.6312	0.0303	0.0828	0.0020	0.30	513	6	497	9	425	51	-3
63	4247	0.04	0.0560	0.0026	0.5319	0.0251	0.0689	0.0017	0.30	430	5	433	8	453	50	1
64	300	0.19	0.0569	0.0028	0.6348	0.0317	0.0810	0.0020	0.29	502	6	499	10	487	53	-1
65	377	0.18	0.0556	0.0027	0.6177	0.0308	0.0807	0.0020	0.29	500	6	488	10	437	53	-2
66	885	0.27	0.0563	0.0027	0.6280	0.0310	0.0810	0.0020	0.30	502	6	495	10	463	53	-1
67	218	0.19	0.0575	0.0030	0.6440	0.0339	0.0814	0.0020	0.28	504	6	505	10	509	56	0
68	1201	0.05	0.0568	0.0028	0.6619	0.0332	0.0846	0.0021	0.30	523	6	516	10	485	53	-1
69	2158	0.04	0.0564	0.0028	0.5592	0.0283	0.0720	0.0018	0.30	448	5	451	9	469	54	1
70	699	0.14	0.0570	0.0029	0.6490	0.0335	0.0826	0.0021	0.29	512	6	508	10	492	55	-1
71	381	0.29	0.0569	0.0030	0.6449	0.0352	0.0823	0.0021	0.28	510	6	505	11	486	59	-1
72	229	0.25	0.0568	0.0031	0.6469	0.0364	0.0827	0.0021	0.27	512	6	507	11	482	61	-1
73	383	0.05	0.0577	0.0032	0.6669	0.0371	0.0839	0.0022	0.27	519	6	519	11	520	59	0
74	109	2.32	0.0593	0.0035	0.7040	0.0427	0.0862	0.0023	0.25	533	7	541	13	578	64	2
75	314	0.12	0.0577	0.0032	0.6339	0.0363	0.0797	0.0021	0.27	494	6	499	11	520	61	1
76	238	0.21	0.0568	0.0033	0.6339	0.0372	0.0811	0.0021	0.26	502	6	499	12	482	63	-1
77	1129	0.04	0.0571	0.0032	0.6609	0.0377	0.0840	0.0022	0.27	520	6	515	12	496	61	-1
78	234	0.19	0.0574	0.0034	0.6432	0.0383	0.0813	0.0021	0.26	504	6	504	12	506	64	0
79	327	0.20	0.0578	0.0034	0.6451	0.0384	0.0810	0.0021	0.26	502	6	505	12	522	63	1
80	875	0.18	0.0565	0.0033	0.6428	0.0380	0.0826	0.0022	0.26	511	6	504	12	472	63	-1
81	221	0.15	0.0571	0.0036	0.6424	0.0408	0.0816	0.0022	0.24	506	7	504	13	496	68	0
82	259	0.30	0.0572	0.0036	0.6391	0.0407	0.0812	0.0022	0.24	503	7	502	13	497	68	0
83	510	0.19	0.0559	0.0035	0.6304	0.0399	0.0819	0.0022	0.24	507	7	496	12	448	68	-2
84	366	0.21	0.0568	0.0036	0.6291	0.0405	0.0803	0.0022	0.24	498	7	496	13	485	69	-1
85	908	0.06	0.0580	0.0037	0.6570	0.0421	0.0822	0.0022	0.24	509	7	513	13	530	68	1
86	1707	0.03	0.0565	0.0036	0.6424	0.0415	0.0825	0.0022	0.24	511	7	504	13	471	69	-1
87	287	0.28	0.0592	0.0039	0.6574	0.0438	0.0807	0.0022	0.23	500	7	513	13	572	70	3
88	335	0.18	0.0580	0.0038	0.6464	0.0433	0.0809	0.0022	0.23	502	7	506	13	528	71	1
89	213	0.16	0.0587	0.0040	0.6655	0.0456	0.0822	0.0023	0.23	509	7	518	14	557	72	2
90	630	0.14	0.0575	0.0039	0.6397	0.0433	0.0807	0.0022	0.22	501	7	502	13	510	72	0

Таблица 1.3 (продолжение)

Table 1.3 (continued)

Tarres	II - /				Изотопные от	гношения			Dha		Pace	нитанный воз	раст, м.	лн лет		D 0/
Точка	0, 171	11/0	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	KIIO	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	D, %
91	308	0.11	0.0565	0.0040	0.5992	0.0428	0.0770	0.0022	0.21	478	7	477	14	471	78	0
92	494	0.12	0.0566	0.0040	0.6310	0.0450	0.0808	0.0023	0.21	501	7	497	14	477	77	-1
93	1143	0.01	0.1256	0.0089	6.1711	0.4394	0.3566	0.0101	0.21	1966	24	2000	31	2037	61	2
94	1334	0.05	0.0573	0.0041	0.6615	0.0478	0.0837	0.0024	0.21	518	7	516	15	504	78	-1
95	267	0.24	0.0587	0.0044	0.6463	0.0480	0.0798	0.0023	0.20	495	7	506	15	558	79	2
96	247	0.22	0.0586	0.0044	0.6697	0.0502	0.0830	0.0024	0.19	514	7	521	15	551	80	1
97	251	0.25	0.0576	0.0044	0.6487	0.0491	0.0818	0.0024	0.19	507	7	508	15	513	81	0
98	2748	0.14	0.0564	0.0042	0.4804	0.0360	0.0618	0.0018	0.20	387	5	398	12	467	82	3
99	302	0.30	0.0587	0.0045	0.6609	0.0508	0.0817	0.0024	0.19	506	7	515	16	557	82	2
100	235	0.25	0.0585	0.0046	0.6601	0.0515	0.0819	0.0024	0.18	508	7	515	16	547	83	1
101	1245	0.09	0.0589	0.0047	0.5937	0.0472	0.0731	0.0022	0.17	455	7	473	15	564	85	4
102	212	0.19	0.0594	0.0049	0.6674	0.0546	0.0815	0.0025	0.17	505	7	519	17	582	87	3
103	300	0.15	0.0581	0.0048	0.6538	0.0537	0.0817	0.0025	0.15	506	7	511	16	532	89	1
104	234	0.18	0.0599	0.0050	0.6632	0.0551	0.0803	0.0025	0.15	498	7	517	17	601	88	4
105	1079	0.06	0.0576	0.0048	0.6586	0.0544	0.0830	0.0025	0.16	514	8	514	17	512	90	0

Примечание. Rho – коэффициент корреляции между ошибками определения изотопных отношений ²⁰⁶Pb/²³⁸U и ²⁰⁷Pb/²³⁵U. D – дискордантность: D=100×[возраст (²⁰⁷Pb/²³⁵U)/возраст (²⁰⁶Pb/²³⁸U)–1], * – возраст, скорректированный на ²⁰⁷Pb. Серым фоном выделены анализы, исключенные из рассмотрения.

Note. Rho is the error correlation coefficient of the relationship between ²⁰⁶Pb/²³⁸U and ²⁰⁷Pb/²³⁵U ratios. D is discordance: D=100×[age(²⁰⁷Pb/²³⁵U)/age(²⁰⁶Pb/²³⁸U)-1].* – age corrected for ²⁰⁷Pb. The gray color highlights the analyses excluded from consideration.

Точка U, г/	** /	m1 /11			Изото	пные отношен	ния			Рассчитанный возраст, млн лет							D 0/
Точка	U, Г/Т	Th/U	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb _{pag}	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	• D, %
1	652	0.29	0.0001	0.0581	0.0004	0.6987	0.0310	0.0870	0.0034	0.65	538	10	538	10	528	9	0
2	321	0.07	0.0003	0.0578	0.0006	0.7282	0.0330	0.0909	0.0036	0.51	561	11	555	10	535	14	-1
3	296	0.06	0.0004	0.0579	0.0007	0.7330	0.0330	0.0918	0.0036	0.32	566	11	558	10	530	14	-1
4	237	0.35	0.0001	0.0577	0.0006	0.7283	0.0340	0.0918	0.0036	0.52	566	11	555	10	530	15	-2
5	204	0.16	0.0005	0.0587	0.0007	0.7066	0.0320	0.0874	0.0034	0.37	540	10	542	10	560	14	0
6	372	0.17	0.0002	0.0575	0.0005	0.6973	0.0320	0.0882	0.0035	0.50	545	11	538	9	521	11	-1
7	416	0.15	0.0002	0.0576	0.0005	0.6915	0.0310	0.0872	0.0034	0.58	539	10	533	10	524	12	-1
8	742	0.23	0.0000	0.0572	0.0004	0.6543	0.0290	0.0835	0.0033	0.59	517	10	511	9	500	9	-1
9	295	0.23	0.0004	0.0596	0.0007	0.7488	0.0340	0.0918	0.0036	0.43	566	11	567	10	589	15	0
10	189	0.19	0.0005	0.0587	0.0007	0.7184	0.0330	0.0894	0.0035	0.42	552	11	550	10	557	15	0
11	306	0.20	0.0003	0.0587	0.0006	0.7159	0.0330	0.0896	0.0036	0.50	553	11	549	10	563	13	-1
12	282	0.18	0.0003	0.0582	0.0006	0.7110	0.0320	0.0897	0.0035	0.35	554	11	546	10	537	15	-1
13	391	0.09	0.0001	0.0582	0.0005	0.7243	0.0330	0.0907	0.0036	0.53	560	11	553	10	539	12	-1
14	261	0.21	0.0002	0.0581	0.0006	0.7133	0.0330	0.0905	0.0036	0.40	558	11	546	10	535	12	-2
15	221	0.24	0.0003	0.0576	0.0007	0.7222	0.0330	0.0912	0.0036	0.34	563	11	552	10	533	15	-2
16	538	0.31	0.0001	0.0574	0.0005	0.6828	0.0310	0.0872	0.0034	0.57	539	10	528	10	512	10	-2
17	317	0.17	0.0001	0.0575	0.0006	0.7263	0.0330	0.0925	0.0037	0.54	570	11	554	10	514	13	-3
18	205	0.16	0.0004	0.0577	0.0008	0.7200	0.0340	0.0912	0.0036	0.14	563	11	548	10	515	17	-3
19	684	0.16	0.0002	0.0601	0.0004	0.6460	0.0290	0.0791	0.0031	0.71	491	10	506	9	611	11	3
20	370	0.14	0.0002	0.0596	0.0007	0.6562	0.0300	0.0808	0.0032	0.35	501	10	513	9	579	15	2
21	186	0.22	0.0007	0.0589	0.0008	0.7410	0.0350	0.0927	0.0037	0.53	571	11	562	10	561	17	-2
22	367	0.32	0.0002	0.0572	0.0006	0.6878	0.0310	0.0880	0.0035	0.47	544	11	532	10	500	13	-2
23	203	0.17	0.0003	0.0577	0.0008	0.7067	0.0330	0.0895	0.0035	0.33	552	11	542	10	528	15	-2
24	312	0.30	0.0002	0.0576	0.0006	0.6886	0.0310	0.0875	0.0034	0.45	541	10	532	10	516	12	-2
25	418	0.20	0.0002	0.0577	0.0005	0.6984	0.0320	0.0882	0.0035	0.53	545	10	538	10	514	11	-1
26	210	0.22	0.0007	0.0586	0.0007	0.7223	0.0330	0.0903	0.0036	0.03	558	11	554	10	543	18	-1
27	178	0.26	0.0012	0.0687	0.0016	0.8890	0.0470	0.0942	0.0038	0.68	581	11	641	13	872	40	10
28	319	0.15	0.0006	0.0610	0.0006	0.7568	0.0340	0.0902	0.0035	0.33	557	11	572	10	635	13	3
29	176	0.22	0.0011	0.0702	0.0020	0.8560	0.0480	0.0875	0.0035	0.53	541	11	627	13	928	55	16
30	256	0.24	0.0002	0.0583	0.0006	0.7166	0.0330	0.0895	0.0035	0.46	553	11	549	10	542	15	-1

Таблица 1.4. Результаты U-Pb датирования детритовых цирконов из песчаников, обр. 23-1-12 **Table 1.4.** Results of U-Pb dating of detrital zircons from sandstone sample 23-1-12

Таблица 1.4 (продолжение)

Table 1.4 (continued)

Точка	TT /	, г/т Th/U —			Изото	пные отношен	ия			Рассчитанный возраст, млн лет						D 0/	
Точка	U, Γ/Τ	In/U	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb _{pag}	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	KNO	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	D, %
31	317	0.19	0.0001	0.0584	0.0007	0.6721	0.0310	0.0835	0.0033	0.38	517	10	522	10	552	16	1
32	727	0.21	0.0001	0.0576	0.0004	0.6687	0.0300	0.0837	0.0033	0.62	518	10	520	9	517	9	0
33	1227	0.34	0.0002	0.0576	0.0003	0.6668	0.0300	0.0837	0.0033	0.79	518	10	518	9	516	7	0
34	551	0.16	0.0002	0.0577	0.0005	0.6574	0.0300	0.0818	0.0032	0.56	507	10	513	9	520	10	1
35	555	0.18	0.0002	0.0583	0.0005	0.6610	0.0300	0.0814	0.0032	0.54	505	10	515	9	536	10	2
36	247	0.26	0.0003	0.0579	0.0007	0.6929	0.0320	0.0865	0.0034	0.40	534	10	534	10	528	15	0
37	628	0.19	0.0001	0.0571	0.0005	0.6530	0.0290	0.0822	0.0032	0.50	509	10	510	9	502	10	0
38	193	0.26	0.0004	0.0583	0.0007	0.6921	0.0320	0.0858	0.0034	0.38	531	10	533	10	540	16	0
39	270	0.25	0.0002	0.0588	0.0006	0.6786	0.0310	0.0833	0.0033	0.43	516	10	526	10	561	14	2
40	573	0.22	0.0002	0.0573	0.0005	0.6541	0.0290	0.0814	0.0032	0.53	504	10	511	9	503	12	1
41	564	0.27	0.0000	0.0580	0.0005	0.6639	0.0300	0.0821	0.0032	0.58	509	10	517	10	531	11	2
42	652	0.05	0.0002	0.0581	0.0004	0.6839	0.0310	0.0848	0.0033	0.62	525	10	529	10	539	8	1
43	524	0.23	0.0002	0.0573	0.0005	0.6918	0.0310	0.0867	0.0034	0.60	536	10	534	10	500	11	0
44	720	0.14	0.0003	0.0596	0.0004	0.5719	0.0260	0.0695	0.0028	0.73	433	9	460	9	599	9	6
45	418	0.19	0.0002	0.0580	0.0005	0.6744	0.0300	0.0842	0.0033	0.50	521	10	524	10	532	11	0
46	303	0.28	0.0007	0.0669	0.0010	0.7860	0.0370	0.0850	0.0033	0.45	526	10	588	11	835	28	12
47	652	0.19	0.0001	0.0577	0.0004	0.6639	0.0300	0.0832	0.0033	0.59	515	10	517	9	520	8	0
48	776	0.07	0.0000	0.0581	0.0004	0.6905	0.0310	0.0860	0.0034	0.56	532	10	533	10	527	8	0
49	547	0.15	0.0002	0.0581	0.0005	0.6494	0.0290	0.0813	0.0032	0.56	504	10	508	9	531	10	1
50	281	0.33	0.0002	0.0578	0.0006	0.6719	0.0310	0.0845	0.0033	0.49	523	10	522	9	537	14	0
51	646	0.03	0.0002	0.0577	0.0004	0.6745	0.0300	0.0849	0.0033	0.54	526	10	523	9	516	8	0
52	394	0.24	0.0003	0.0576	0.0005	0.7023	0.0320	0.0887	0.0035	0.53	548	11	540	10	517	13	-1
53	898	0.16	0.0001	0.0574	0.0004	0.6289	0.0280	0.0796	0.0031	0.31	494	9	495	9	505	10	0
54	908	0.26	0.0001	0.0572	0.0004	0.6531	0.0290	0.0830	0.0033	0.59	514	10	510	9	503	8	-1
55	318	0.17	0.0002	0.0578	0.0007	0.6768	0.0310	0.0851	0.0033	0.24	526	10	524	10	521	15	0
56	345	0.23	0.0001	0.0578	0.0006	0.6892	0.0310	0.0871	0.0034	0.44	538	10	532	10	508	13	-1
57	731	0.14	0.0001	0.0579	0.0004	0.6279	0.0290	0.0798	0.0032	0.74	495	10	495	9	521	10	0
58	186	0.29	0.0001	0.0578	0.0008	0.6717	0.0310	0.0841	0.0033	0.14	521	10	522	10	525	19	0
59	1122	0.15	0.0003	0.0607	0.0004	0.5059	0.0230	0.0608	0.0024	0.66	380	8	416	8	624	10	9
60	3259	0.24	0.0003	0.0576	0.0003	0.4375	0.0200	0.0553	0.0022	0.83	347	7	369	7	513	6	6

Таблица 1.4 (продолжение)

Table 1.4 (continued)

Точка	U, г/т	Th/U	Изотопные отношения							DI.	Рассчитанный возраст, млн лет						
			²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb _{pag}	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	KNO	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	– D, %
61	925	0.25	0.0001	0.0580	0.0004	0.6625	0.0300	0.0829	0.0033	0.67	513	10	516	9	536	7	1
62	225	0.21	0.0003	0.0577	0.0007	0.6694	0.0310	0.0842	0.0033	0.39	521	10	520	9	514	17	0
63	276	0.31	0.0003	0.0581	0.0007	0.6712	0.0310	0.0840	0.0033	0.25	520	10	521	9	532	16	0
64	373	0.18	0.0001	0.0575	0.0005	0.6832	0.0310	0.0864	0.0034	0.53	534	10	529	10	511	11	-1
65	258	0.22	0.0003	0.0583	0.0007	0.6528	0.0300	0.0813	0.0032	0.32	504	10	511	9	542	15	1
66	504	0.30	0.0001	0.0580	0.0005	0.6468	0.0290	0.0802	0.0032	0.49	498	10	507	9	536	10	2
67	462	0.14	0.0004	0.0589	0.0006	0.7001	0.0320	0.0859	0.0034	0.53	531	10	539	10	564	13	2
68	221	0.14	0.0003	0.0575	0.0007	0.6942	0.0320	0.0867	0.0034	0.29	536	10	535	10	522	15	0
69	139	0.23	0.0010	0.0584	0.0010	0.6820	0.0320	0.0842	0.0033	0.14	521	10	529	10	534	21	2
70	597	0.11	0.0002	0.0572	0.0004	0.6510	0.0290	0.0821	0.0032	0.56	508	10	509	9	502	8	0
71	359	0.29	0.0003	0.0577	0.0005	0.6575	0.0300	0.0820	0.0032	0.42	508	10	513	9	525	11	1
72	224	0.24	0.0003	0.0574	0.0007	0.6762	0.0310	0.0844	0.0033	0.34	523	10	524	10	516	16	0
73	198	0.23	0.0003	0.0578	0.0008	0.6727	0.0310	0.0839	0.0033	0.20	520	10	522	10	522	18	0
74	433	0.05	0.0002	0.0582	0.0005	0.6892	0.0310	0.0856	0.0034	0.58	529	10	533	10	537	12	1
75	250	0.23	0.0002	0.0580	0.0007	0.6725	0.0310	0.0832	0.0033	0.24	515	10	522	9	529	14	1
76	567	0.13	0.0002	0.0576	0.0005	0.6326	0.0280	0.0790	0.0031	0.49	490	9	498	9	522	12	2
77	211	0.22	0.0001	0.0579	0.0007	0.6958	0.0320	0.0864	0.0034	0.37	534	10	537	10	529	17	0
78	329	0.32	0.0004	0.0580	0.0006	0.6813	0.0310	0.0844	0.0033	0.41	523	10	527	10	522	12	1
79	542	0.12	0.0008	0.0602	0.0005	0.6920	0.0310	0.0830	0.0033	0.55	514	10	534	10	612	11	4
80	243	0.26	0.0006	0.0574	0.0008	0.6632	0.0310	0.0837	0.0033	0.27	518	10	517	10	520	17	0
81	431	0.31	0.0002	0.0578	0.0005	0.6544	0.0300	0.0816	0.0032	0.43	506	10	512	10	534	11	1
82	815	0.25	0.0001	0.0579	0.0004	0.6548	0.0290	0.0815	0.0032	0.55	505	10	511	9	526	9	1
83	369	0.16	0.0001	0.0575	0.0006	0.6677	0.0300	0.0840	0.0033	0.37	520	10	519	9	516	13	0
84	253	0.18	0.0002	0.0580	0.0006	0.6753	0.0310	0.0840	0.0033	0.29	520	10	523	10	537	14	1
85	218	0.27	0.0004	0.0577	0.0007	0.6704	0.0310	0.0848	0.0033	0.32	524	10	521	9	518	16	-1
86	228	0.27	0.0003	0.0586	0.0007	0.6985	0.0320	0.0864	0.0034	0.25	534	10	538	10	550	17	1
87	387	0.25	0.0001	0.0576	0.0006	0.6763	0.0310	0.0852	0.0034	0.55	527	10	524	10	524	13	-1
88	235	0.21	0.0004	0.0583	0.0007	0.6806	0.0310	0.0849	0.0033	0.38	525	10	526	10	543	16	0
89	1284	0.20	0.0001	0.0580	0.0004	0.6351	0.0280	0.0796	0.0031	0.70	494	10	499	9	529	9	1
90	300	0.07	0.0002	0.0580	0.0007	0.7466	0.0340	0.0934	0.0037	0.21	575	11	566	10	540	13	-2

Таблица 1.4 (продолжение)

Table 1.4 (continued)

Точка	U, г/т	Th/U	Изотопные отношения								Рассчитанный возраст, млн лет						D 0/
			²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb _{pag}	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	- D, %
91	298	0.28	0.0005	0.0592	0.0007	0.7027	0.0320	0.0861	0.0034	0.35	533	10	540	10	584	13	1
92	245	0.23	0.0005	0.0575	0.0007	0.6935	0.0320	0.0873	0.0034	0.37	540	10	534	10	515	14	-1
93	182	0.22	0.0016	0.0729	0.0019	0.8760	0.0460	0.0874	0.0035	0.54	540	10	632	12	971	45	17
94	1066	0.26	0.0000	0.0576	0.0003	0.6455	0.0290	0.0815	0.0032	0.65	505	10	506	9	519	8	0
95	497	0.22	0.0001	0.0575	0.0005	0.6650	0.0300	0.0836	0.0033	0.51	518	10	518	9	509	12	0
96	506	0.15	0.0001	0.0577	0.0005	0.6444	0.0290	0.0814	0.0032	0.52	505	10	505	9	515	12	0
97	1442	0.28	0.0000	0.0573	0.0003	0.6454	0.0290	0.0816	0.0032	0.72	506	10	505	9	504	7	0
98	312	0.33	0.0003	0.0586	0.0006	0.6856	0.0310	0.0844	0.0033	0.34	523	10	530	10	564	14	1
99	310	0.25	0.0005	0.0608	0.0010	0.7080	0.0330	0.0851	0.0033	0.32	527	10	542	10	604	24	3
100	770	0.23	0.0001	0.0575	0.0004	0.6702	0.0300	0.0845	0.0033	0.53	523	10	521	9	510	9	0

Примечание. Rho – коэффициент корреляции между ошибками определения изотопных отношений ²⁰⁶Pb/²³⁸U и ²⁰⁷Pb/²³⁵U. D – дискордантность: D=100×[возраст (²⁰⁷Pb/²³⁵U)/возраст (²⁰⁶Pb/²³⁸U)–1]. Серым фоном выделены анализы, исключенные из рассмотрения.

Note. Rho is the error correlation coefficient of the relationship between ²⁰⁶Pb/²³⁸U and ²⁰⁷Pb/²³⁵U ratios. D is discordance: D=100×[age(²⁰⁷Pb/²³⁵U)/age(²⁰⁶Pb/²³⁸U)-1]. The gray color highlights the analyzes excluded from consideration.