



## Первые U/Pb-данные о возрасте детритового циркона из песчаников золотоносной верхнекембрийско-нижнеордовикской алькесвожской толщи (Приполярный Урал)

Н. Ю. Никулова<sup>1</sup>, В. Б. Хубанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии ФИЦ Коми НЦ Уро РАН, Сыктывкар  
nikulova@geo.komisc.ru

<sup>2</sup> Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ  
khubanov@mail.ru

В статье приведены первые изотопные данные о возрасте песчаников золотоносной алькесвожской толщи в основании палеозойского разреза на Приполярном Урале. На основании анализа U/Pb-датирования детритового циркона установлено, что песчаники были сформированы не ранее, чем в позднем кембрии – раннем ордовике. Преобладающая часть датировок располагается в узком возрастном позднекембрийско-позднекембрийском интервале, а циркон представлен неокатанными или слабоокатанными кристаллами. Установлено, что в составе песчаников алькесвожской толщи преобладают продукты разрушения подстилающих пород магматических комплексов различных стадий формирования тиманид-протоуралид.

**Ключевые слова:** циркон, поздний кембрий, ранний ордовик, алькесвожская толща, саблегорская свита, Приполярный Урал.

## The first U/Pb data on the age of detritus zircons from sandstones of the gold-bearing Upper Cambrian-Lower Ordovician Alkesvozhskaya strata (Subpolar Urals)

N. Yu. Nikulova<sup>1</sup>, V. B. Khubanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

<sup>2</sup>Geological Institute of the SB RAS, Ulan-Ude

The paper presents the novel isotope data on the age of sandstones of the gold-bearing Alkesvozhskaya sequence at the base of the Paleozoic section in the Subpolar Urals. The analysis of U/Pb dating of detrital zircons confirmed that the sandstones had been formed no earlier than in the Late Cambrian-Early Ordovician. The predominant part of dating is in a narrow Late Riphean-Late Cambrian age interval, and zircons are represented by unrounded or weakly rounded crystals. The composition of the sandstones of the Alkesvozhskaya sequence are dominated by the destruction products of the underlying rocks of igneous complexes at various stages of the formation of timanides-protouralides.

**Keywords:** zircon, Late Cambrian, Early Ordovician, Alkesvozhskaya strata, Sablegorskaya formation, Subpolar Urals.

Памяти Вячеслава Степановича Озерова

Терригенная алькесвожская толща на Приполярном Урале, залегающая над крупным стратиграфическим перерывом на породах рифейско-вендского фундамента и продуктах их древнего выветривания (kv Є) и перекрытая толщей нижнеордовикских конгломератов обеизской (O<sub>1</sub>ob) свиты, является вмещающей для многочисленных проявлений золоторудной минерализации. Первые рудопроявления с высокими содержаниями золота описаны В. С. Озеровым в долине руч. Алькесвож на восточном склоне хр. Малдынырд в 80-х годах XX века [7]. Золотоносности алькесвожской толщи посвящены многочисленные геолого-разведочные и научно-исследовательские работы (Ефанова, 2001; Ефанова, Повонская, 1999; Ефанова и др., 1999; Козырева, Швецова, 1998; Козырева и др., 2002; Кузнецов и др., 2001; Озеров, 1996; Озеров, 1998; Юдович, Ефанова, 2002; и др.). По результатам поисково-раз-

дочных работ Л. И. Ефановой подробно охарактеризован петрографический и минералогический состав всех слагающих алькесвожскую толщу литологических разновидностей горных пород, установлена ее приуроченность к депрессиям допалеозойского рельефа [3]. Считается, что изначально золото было сконцентрировано в локально сохранившейся в основании разреза уралид кембрийской коре выветривания (kv Є) по слагающим ядро Малдинской синклинали кислым и основным вулканитам верхнерифейско-вендской саблегорской (RF<sub>3</sub>-V<sub>1</sub>sb) свиты. Наличие переотложенного глиноземистого и железистого материала коры выветривания — диаспора, пирофиллита, серицита и гематита — принято в качестве основного диагностического признака пород алькесвожской толщи. Вопрос о возрасте алькесвожской свиты до настоящего времени остается нерешенным. На геологических картах

Для цитирования: Никулова Н. Ю., Хубанов В. Б. Первые U/Pb-данные о возрасте детритового циркона из песчаников золотоносной верхнекембрийско-нижнеордовикской алькесвожской толщи (Приполярный Урал) // Вестник геонаук. 2022. 5(329). С. 3–10. DOI: 10.19110/geov.2022.5.1.

For citation: Nikulova N. Yu., Khubanov V. B. The first U/Pb data on the age of detritus zircons from sandstones of the gold-bearing Upper Cambrian–Lower Ordovician Alkesvozhskaya strata (Subpolar Urals). Vestnik of Geosciences, 2022, 5(329), pp. 3–10, doi: 10.19110/geov.2022.5.1.

песчано-гравийная толща на контакте между рифей-вендским комплексом доуралид и комплексом уралид была показана как обеизская ( $O_{1ob}$ ), саблегорская ( $RF_3-V_{1sb}$ ) или лаптопайская ( $V_{2lp}$ ) свиты. Лаптопайской молассой считала эти отложения Л. Т. Белякова [1]. В. С. Озеровым и Л. И. Ефановой возраст алькесвожской толщи на основании особенностей залегания и положения в разрезе принят как позднекембрийско-раннеордовикский [7, 3]. Отсутствие однозначного представления о возрасте золотоносной алькесвожской толщи определило необходимость проведения U/Pb-изотопного датирования детритового циркона.

### Материалы и методы

Проба среднезернистого светло-розовато-серого слюдистого песчаника алькесвожской толщи (обр. АЛ-4) отобрана в точке с координатами ( $65^{\circ}14'16''$  с. ш.,  $60^{\circ}16'17''$  в. д.) в коренном выходе на восточном склоне хр. Малдынырд (рис. 1). Минералогическая проба раздроблена в ступе и промыта до серого шлиха, после чего разделена на фракции с использованием бромформа, магнитной и электромагнитной сепарации. Извлеченная под бинокляром монофракция циркона была помещена в эпоксидную шашку. Морфологические особенности и химический состав цирконов изучены с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN VEGA3 LMN с энергодисперсионной приставкой X-MAX 50 mm Oxford instruments при ускоряющем напряжении 20 кВ, диаметре зонда 180 нм и области возбуждения до 5 мкм и сканирующего электронного микроскопа JSM-6400 с энергетическим спектрометром Link, с ускоряющим напряжением и током на образцах 20 кВ и  $2 \times 10^{-9}$  А соответственно и сертифицированными стандартами фирмы Microspec в ЦКП «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар).

Определения U/Pb-изотопного возраста зерен циркона проведены с помощью устройства лазерной абляции UP-213 и одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Element XR (LA-ICP-MS метод) в ЦКП ГИН СО РАН «Геоспектр» (Улан-Удэ). Методика измерения, обработка масс-спектрометрического сигнала, расчет изотопных отношений и возрастов изложены в работе [3]. Применялось лазерное излучение с частотой импульсов 10 Гц, плотностью потока энергии около 3.5 Дж/см<sup>2</sup> и диаметром пучка излучения 25 мкм. В качестве внешнего стандарта использованы зерна эталонного циркона 91500, контрольного образца — зерна эталонного циркона Plešovice (аттестованный ID-TIMS возраст  $337.13 \pm 0.37$  млн лет) и GJ-1 (аттестованный ID-TIMS возраст  $608.5 \pm 0.4$  млн лет). В течение сессии, состоящей из 110 измеренных точек в зернах циркона пробы АЛ-4, внешний стандарт был измерен в 26 точках, каждый контрольный образец — в 12 точках. Относительная среднеквадратичная погрешность определения изотопного отношения в контрольных стандартах варьировала: для  $^{207}Pb/^{206}Pb$  — в пределах 1.5–2.5 %; для  $^{207}Pb/^{235}U$  — 1.3–2.5 %; для  $^{206}Pb/^{238}U$  — 0.7–1.0 %. Средневзвешенное значение оценки возраста контрольных эталонных Plešovice-цирконов по  $^{207}Pb/^{206}Pb$ -отношению составило  $350 \pm 22$  млн лет,  $^{207}Pb/^{235}U$  —  $345 \pm 6$  млн лет и  $^{206}Pb/^{238}U$  —  $338 \pm 1.5$  млн лет; возраст GJ-1 по  $^{207}Pb/^{206}Pb$ -отношению —

$591 \pm 21$  млн лет,  $^{207}Pb/^{235}U$  —  $602 \pm 4$  млн лет и  $^{206}Pb/^{238}U$  —  $605 \pm 3$  млн лет. Эти данные отличаются от аттестованного возраста эталонного циркона не более чем на 0.6 % для средневзвешенного значения  $^{206}Pb/^{238}U$ -возрастов, не более чем на 2.3 % для  $^{207}Pb/^{235}U$ -возрастов и не более чем на 3.8 % для  $^{207}Pb/^{206}Pb$ -возрастов. Поправка на обыкновенный свинец проведена с помощью процедуры  $^{204}Pb$ -коррекции [16], при этом изотопные отношения общего свинца определены с помощью двухстадийной модели эволюции изотопного состава свинца по [5]. В интерпретации учтены только оценки возраста, дискордантность которых не превышает 10 %, при этом для циркона моложе 1 млрд лет использовано  $^{206}Pb/^{238}U$ -значение возраста, а для древних (>1 млрд лет) —  $^{207}Pb/^{206}Pb$ -возраст.

Для получения катодолюминесцентного изображения цирконов был использован СЭМ ThermoFischer Scientific Axia ChemiSEM с выдвигаемым детектором катодолюминесценции RGB (цветная) с диапазоном обнаружения длин волн 350–850 нм. (ЦКП «Геонаука», ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар).

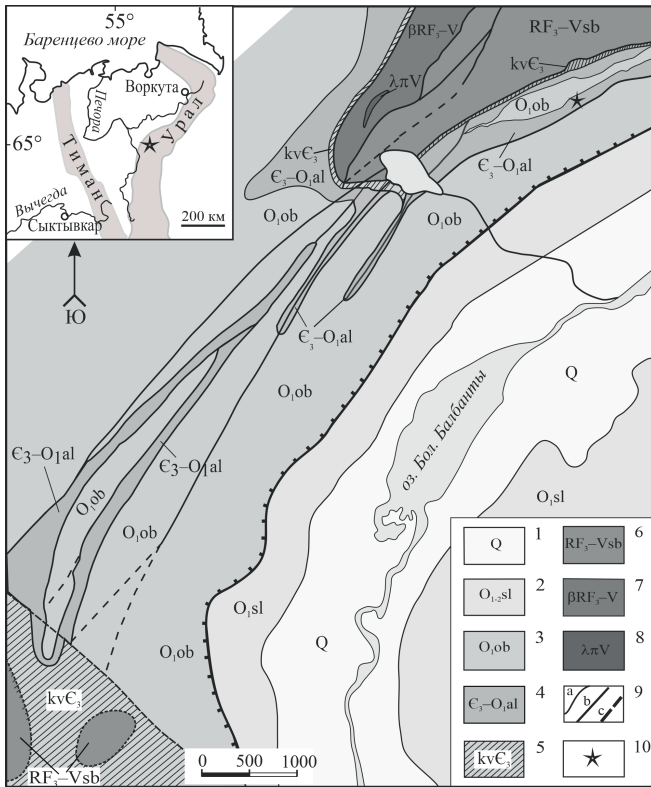
### Геологическое положение, строение и состав отложений алькесвожской толщи

В южной части хр. Малдынырд, расположенного на западном фланге Ляпинского антиклинория Центрально-Уральской мегазоны, отложения допалеозойского возраста представлены вулканитами саблегорской свиты ( $RF_3-V_{1sb}$ ), прорванными базитами манарагского ( $\beta RF_3-V$ ) комплекса и риолитами Малдинской ( $\lambda V$ ) субинтрузии (рис. 1).

В основании палеозойского разреза фрагментарным распространением используются глиноземистые и железистые образования метаморфизованной кембрийской коры выветривания ( $kv \epsilon_3$ ), на которых залегает терригенная золотоносная алькесвожская толща ( $\epsilon_3-O_{1al}$ ), перекрытая отложениями обеизской ( $O_{1ob}$ ) свиты. Саблегорская свита ( $RF_3-V_{1sb}$ ) в нижней части сложена основными эффузивами, в верхней — кислыми эффузивными и пирокластическими породами. Общая мощность саблегорской свиты составляет 500–1000 м. Позднерифейско-ранневендский возраст свиты установлен по залеганию на фаунистически охарактеризованных породах мороинской свиты и подтвержден геохронологическими датировками. Возраст риолитов хр. Малдынырд, по данным Е. И. Сороки и соавторов [10], составляет  $603 \pm 12$  млн лет, по данным геолого-съёмочных работ ОАО «Полярноуралгеология» —  $586 \pm 21$  млн лет [2]. Саблегорские субвулканические образования ( $RF_3-V_{1sb}$ ) основного состава представляют собой субвулканическую фацию одноимённого базальт-риолитового вулканического комплекса.

Метаморфизованные коры выветривания ( $kv \epsilon$ ) сложены глиноземистыми и железистыми сланцами по субстрату саблегорских риолитов и базитов.

Алкесвожская толща ( $\epsilon_3-O_{1al}$ ), названная так по расположенному на восточном склоне хр. Малдынырд ручью Алькесвож — левому притоку р. Балбанью, vyplняет депрессии рельефа фундамента, имеет аллювиально-пролювиальное происхождение и представлена метаморфизованными косослоистыми песчаниками, гравелитами и конгломератами с прослоями и



**Рис. 1.** Схема расположения разреза и схематическая геологическая карта хр. Малдынырд. Составлена по материалам Л. И. Ефановой (2002 г.) и В. С. Озерова (2005 г.) Условные обозначения: 1 — современные аллювиальные отложения; 2 — раннесреднеордовикские породы саледакской свиты: песчаники, алевролиты, сланцы; 3 — раннеордовикские породы обеизской свиты: конгломераты, гравелиты, песчаники, кварцитопесчаники; 4 — позднекембрийско-раннеордовикские породы алькесвожской толщи: алевролиты, песчаники, гравелиты с линзами конгломератов; 5 — кембрийские метаморфизованные коры выветривания — сланцы; 6 — позднерифейско-вендские вулканогенные породы саблегорской свиты: риолиты, туфы и лавобрекчии кислого состава; 7 — манарагский комплекс: позднерифейско-вендские метадолериты, метагаббро; 8 — малдинский комплекс: вендские риолиты, риолитовые порфиры; 9 — границы стратиграфических подразделений (а), разрывные нарушения: установленные (b), предполагаемые (c); 10 — место отбора пробы

**Fig. 1.** Location of the section and a schematic geological map of the Maldynyrd ridge. Compiled after L. I. Efanova (2002) and V. S. Ozerov (2005). Legend: 1 — modern alluvial deposits; 2 — Early-Middle Ordovician deposits of the Saledskaya Formation: sandstones, aleurolites, shales; 3 — Early Ordovician deposits of the Obeizskaya Formation: conglomerates, gravellites, sandstones, quartzite sandstones; 4 — Late Cambrian-Early Ordovician deposits of the Alkesvozhskaya sequence: aleurolites, sandstones, gravellites with lenses of conglomerates; 5 — Cambrian metamorphosed weathering crusts: shales; (6) Late Riphean-Vendian volcanic rocks of the Sablegorskaya Formation: rhyolites, tuffs, and felsic lava breccias; 7 — Manaragsky complex: Late Riphean-Vendian metadolerites, metagabbro; (8) Maldinsky complex: Vendian rhyolites, rhyolitic porphyries; 9 — borders of stratigraphic units (a), faults: established (b), assumed (c); 10 — sampling sites

линзами сланцев. О континентальном происхождении отложений свидетельствуют преобладающая слабая окатанность обломков, присутствие в гравелитовых и песчанниковых пачках глинистых линз и прослоев, кося слоистость и резкие фациальные переходы. Для всех литологических типов отложений алькесвожской толщи характерно присутствие в цементе и обломочной части продуктов разрушения кор выветривания — диаспора, пиррофиллита, серицита, гематита — что и послужило одним из основных признаков для ее выделения в отдельное стратиграфическое подразделение. Мощность алькесвожских образований колеблется от первых метров до 140–150 м [3]. Вне пределов палеодепрессий алькесвожская толща выпадает из разреза и обеизские конгломераты залегают непосредственно на породах фундамента.

Изучен циркон из среднезернистого розовато-серого слюдяного песчаника (обр. АЛ-4). Для пород характерна бластопсаммитовая структура, сланцеватая текстура. Обломочные зерна, длинные оси которых ориентированы согласно сланцеватости, представлены кварцем, обломками микрокристаллической кварцевой породы и пелитизированным полевым шпатом. Базальный кварц-хлорит-серицитовый цемент занимает около 20 % площади шлифа. Акцессорные минералы представлены эпидотом, цирконом и новообразованными апатитом и титанитом. Последний часто образует цепочки зерен вдоль сланцеватости. Гематит встречается в виде отдельных пластинчатых зерен и тонкодисперсного пигмента в цементе. В протолочной пробе встречены также рутил, ильменит, хромит, хлоритоид, монацит, ксенотим, ортит, дистен, фуксит и магнетит.

Обеизская свита ( $O_{1,ob}$ ) представлена конгломератами, гравелитами, и кварцитовидными песчаниками. В подошве конгломератов фрагментарно распространён горизонт мелко-, среднезернистых кварцитовидных серо-вишневых песчаников (воротинская толща). Песчаники воротинской толщи встречаются лишь там, где развиты отложения алькесвожской толщи, и залегают на ее различных горизонтах с угловым несогласием 15–20°. Основной объем разреза свиты слагают олигомиктовые кварц-кварцитовые конгломераты, мощность которых изменяется от 80 до 300 м. Конгломераты залегают как на косослоистых песчаниках воротинского горизонта, так и на породах фундамента.

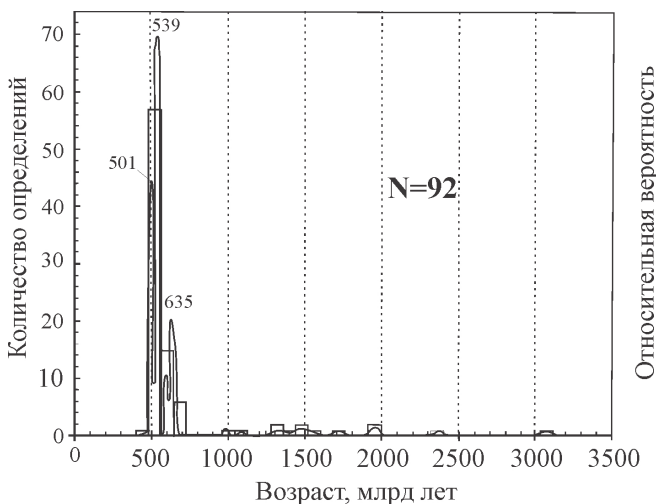
Среди детритового циркона в изученной пробе преобладают неокатанные и слабоокатанные короткопризматические кристаллы с гранями тетрагональной призмы и дипирамиды ( $K_{удл}$  1.5–2.0), с размером зерна 150–220  $\mu\text{m}$  (40 %). Около 25 % приходится на тетрагональные призматические кристаллы с хорошо сохранившимися гранями и сглаженными ребрами ( $K_{удл}$  1.4–1.8), размером 120–150  $\mu\text{m}$ . Неокатанные и слабоокатанные удлиненно-призматические кристаллы ( $K_{удл}$  2.1–2.7) размером 230–300  $\mu\text{m}$  составляют около 15 %. Примерно 10 % зерен размером 90–150  $\mu\text{m}$  хорошо окатаны, имеют округлую ( $K_{удл}$  1.0–1.3) и овальную ( $K_{удл}$  1.4–1.5) формы. Около 10 % приходится на обломки зерен и кристаллов. По результатам микронзондового анализа циркон содержит (мас. %):  $ZrO_2$  — 61.25–66.64,  $SiO_2$  — 32.59–36.21,  $HfO_2$  — 0.64–2.01.

## Результаты датирования циркона

Датированы 104 зерна циркона, анализы с дискордантностью ( $D$ ) > 10 % (12 зерен) были исключены из дальнейшего рассмотрения. Результаты остальных 92 изотопных анализов зерен циркона приведены в таблице 1. Возраст циркона варьирует от мезоархея ( $3068 \pm 24$  млн лет) до раннего ордовика ( $479 \pm 4$  млн лет) (рис. 2).

В рассматриваемой выборке наиболее древний возраст имеет одно зерно с мезоархейской ( $3068 \pm 24$  млн лет) датировкой. Для трех зерен установлен палеопротерозойский возраст —  $2379 \pm 26$ ,  $1951 \pm 42$  и  $1924 \pm 29$  млн лет. Две группы циркона представлены единичными зернами с датировками в интервалах  $1695 \pm 31$ – $1347 \pm 34$  млн лет и  $1289 \pm 55$ – $974 \pm 10$  млн лет.

Наибольшее количество зерен (79, или 86 %) представляет интервал  $654 \pm 7$ – $479 \pm 7$  млн лет. В пределах этого интервала можно выделить неопротерозойскую (позднерифейскую)  $654 \pm 7$ – $584 \pm 6$  млн лет (21 зерно, или 23 %), вендско-раннекембрийскую  $555 \pm 6$ – $523 \pm 5$  млн лет (37 зерен, или 40 %) и позднекембрийско-раннеордовикскую  $512 \pm 5$ – $479 \pm 7$  млн лет (21 зерно, или 23 %) популяции.



**Рис. 2.** Гистограмма и кривая плотности вероятности распределения изотопных возрастов циркона из песчаников алькесвожской толщи

**Fig. 2.** Histogram and probability density curve of the distribution of isotopic ages of zircons from sandstones of the Alkesvozhskaya sequence

## Обсуждение результатов

Вероятным первичным источником циркона с наиболее древней мезоархейской датировкой могли быть породы, принимающие участие в строении кристаллического фундамента волго-уральской и сарматской частей древнего остова Восточно-Европейской платформы, а зерна с возрастными  $2379 \pm 26$ ,  $1951 \pm 42$  и  $1924 \pm 29$  млн лет первоначально связаны с синметаморфическими гранитоидами, внедрением которых сопровождался процессы формирования Волго-Сарматского орогена [4, 14]. Древние, хорошо окатанные зерна циркона могли быть неоднократно переложены и могли попасть в алькесвожские метапесчаники из рифейских метатерригенных пород [11]. Три наиболее древних зерна циркона имеют высокие

значения Th/U (1.41, 0.94 и 1.09 соответственно), свойственные породам высокой степени метаморфизма. Циркон с возрастными, попадающими в интервалы  $1695 \pm 31$ – $1347 \pm 34$  млн лет и  $1289 \pm 55$ – $974 \pm 10$  млн лет, могли произойти из комплексов, участвовавших в строении аккреационно-коллизийного Свеко-Норвежского мегаблока Балтийского щита [14]. Все цирконы с донеопротерозойскими датировками представлены хорошо окатанными изометричными или овальными зёрнами размером 100–200  $\mu\text{m}$  (рис. 3, а, с). В CL-изображении для них характерна пятнистая окраска в различных оттенках серого цвета со слабо проявленной зональностью (рис. 3, b, d).

Наибольшее количество зерен (79 или 86 %) представляет интервал  $654 \pm 7$ – $479 \pm 7$  млн лет. Источником циркона с возрастом  $654 \pm 7$ – $584 \pm 6$  млн лет могли быть комплексы протоуральско-тиманид, слагающие реликты Протоуральско-Тиманского орогена, возникшего в результате континентальной коллизии пассивной окраины Балтики и активной окраины Арктиды [5], — широко распространенные в районе вулканы нижней подсвиты саблегорской свиты и прорывающие их тела базиты манарагского ( $\beta\text{RF}_3$ –V) комплекса. В этой популяции широко представлены короткопризматические, в том числе с развитыми дипирамидами, субидиоморфные кристаллы с зональным внутренним строением и часто с пятнистой окраской в CL-изображении (рис. 3, e, f).

Возраст циркона наиболее многочисленной вендско-раннекембрийской популяции  $555 \pm 6$ – $523 \pm 5$  млн лет, близок ко времени образования гранитоидов сальнерско-маньхамбовского ( $\gamma\text{V}_3$ – $\epsilon_1$ ) комплекса Малдинского и Народинского массивов [1, 8, 9]. Отмеченные у семи неокатанных кристаллов значения Th/U > 1 могут указывать на происхождение циркона из магматических пород основного состава. Такими породами могли быть поздневендско-раннекембрийские основные интрузии второй фазы сальнерско-маньхамбовского комплекса [14, 15]. Наиболее вероятным источником циркона возрастной популяции  $512 \pm 5$ – $479 \pm 7$  млн лет с максимумом плотности вероятности 501 млн лет, составляющей 23 % от общего количества проанализированных зерен и представленной неокатанными и слабоокатанными призматическими, часто с гранями дипирамиды, кристаллами с зональным внутренним строением (рис. 3, g, h), могли быть риолиты верхней подсвиты саблегорской свиты [9]. Риолиты, в том числе измененные в коре выветривания, часто являются подстилающими породами для терригенной алькесвожской тощи, а гальки риолитов присутствуют в алькесвожских псефитах [2].

## Заключение

Результаты проведенного датирования детритного циркона из песчаников алькесвожской толщи позволяют считать, что порода сформирована не ранее чем в позднем кембрии — раннем ордовике. Незначительная часть обломочного материала в составе песчаников алькесвожской толщи может происходить из рифейских метаосадочных образований, в свою очередь унаследовавших его из пород древнего фундамента Восточно-Европейской платформы. Преобладающая часть датировок (86 %) расположена в доста-



Таблица 1. Результаты U-Pb-датирования детритового циркона из песчаника алькесвожской свиты

Table 1. Results of U-Pb-dating of detrital zircons from sandstone of the Alkesvozhskaya Formation

№	Th/U	1σ	Изотопные отношения / Isotope ratios						Rho	Возраст, млн лет / Age, Ma						D, %
			$\frac{207\text{Pb}}{206\text{U}}$		$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$		$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$			$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$		$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$		$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$		
			1σ	1σ	1σ	1σ	1σ	1σ		1σ	1σ	1σ	1σ	1σ		
1	0.69	0.01	0.0639	0.0030	0.7055	0.0322	0.0802	0.0012	0.1	737	97	542	19	497	7	9
2	1.54	0.02	0.0632	0.0010	0.6722	0.0103	0.0771	0.0007	0.2	716	35	522	6	479	4	9
3	0.85	0.01	0.0651	0.0019	0.7796	0.0215	0.0870	0.0010	0.1	776	59	585	12	538	6	9
4	0.70	0.01	0.0647	0.0023	0.7709	0.0259	0.0865	0.0011	0.1	763	72	580	15	535	6	8
5	1.03	0.02	0.0648	0.0014	0.7829	0.0159	0.0877	0.0009	0.1	767	44	587	9	542	5	8
6	0.60	0.01	0.0643	0.0018	0.7696	0.0206	0.0869	0.0010	0.1	752	58	580	12	537	6	8
7	0.59	0.01	0.0635	0.0016	0.7228	0.0178	0.0826	0.0009	0.1	725	54	552	11	512	5	8
8	0.93	0.02	0.0634	0.0016	0.7160	0.0178	0.0821	0.0009	0.1	720	54	548	11	508	5	8
9	1.26	0.02	0.0634	0.0011	0.7501	0.0120	0.0858	0.0008	0.2	723	36	568	7	531	5	7
10	0.66	0.01	0.0622	0.0019	0.6924	0.0205	0.0808	0.0009	0.1	680	64	534	12	501	6	7
11	0.50	0.01	0.0626	0.0020	0.7315	0.0224	0.0848	0.0010	0.1	696	66	557	13	524	6	6
12	0.75	0.01	0.0625	0.0016	0.7267	0.0179	0.0844	0.0009	0.1	691	54	555	11	523	5	6
13	0.62	0.01	0.0624	0.0034	0.7464	0.0398	0.0868	0.0011	0.1	689	111	566	23	537	7	6
14	0.70	0.01	0.0621	0.0018	0.7341	0.0199	0.0858	0.0009	0.1	677	59	559	12	531	6	5
15	1.28	0.02	0.0613	0.0016	0.6870	0.0169	0.0814	0.0009	0.1	650	54	531	10	504	5	5
16	0.64	0.01	0.0652	0.0020	0.9534	0.0281	0.1061	0.0013	0.1	782	63	680	15	650	7	5
17	0.62	0.01	0.0606	0.0013	0.6748	0.0133	0.0809	0.0008	0.1	624	44	524	8	501	5	4
18	0.70	0.01	0.0599	0.0016	0.6466	0.0165	0.0784	0.0009	0.1	599	56	506	10	487	5	4
19	1.07	0.02	0.0611	0.0014	0.7200	0.0159	0.0856	0.0009	0.1	642	49	551	9	529	5	4
20	0.58	0.01	0.0612	0.0017	0.7362	0.0201	0.0873	0.0010	0.1	647	60	560	12	539	6	4
21	1.79	0.03	0.0596	0.0014	0.6391	0.0146	0.0779	0.0008	0.1	589	51	502	9	483	5	4
22	0.43	0.01	0.0627	0.0031	0.8429	0.0408	0.0976	0.0014	0.1	698	102	621	22	600	8	3
23	0.60	0.01	0.0629	0.0023	0.8695	0.0314	0.1003	0.0013	0.1	706	77	635	17	616	8	3
24	0.57	0.01	0.0594	0.0013	0.6566	0.0132	0.0802	0.0008	0.2	583	45	513	8	498	5	3
25	0.53	0.01	0.0593	0.0011	0.6575	0.0115	0.0804	0.0008	0.1	580	40	513	7	499	5	3
26	0.71	0.01	0.0631	0.0014	0.8914	0.0185	0.1026	0.0010	0.1	711	46	647	10	629	6	3
27	1.20	0.02	0.0591	0.0012	0.6486	0.0118	0.0796	0.0008	0.1	572	42	508	7	494	5	3
28	1.02	0.02	0.0637	0.0017	0.9322	0.0242	0.1062	0.0012	0.1	732	56	669	13	651	7	3
29	0.56	0.01	0.0606	0.0013	0.7381	0.0147	0.0885	0.0009	0.1	624	45	561	9	546	5	3
30	0.99	0.02	0.0636	0.0014	0.9298	0.0193	0.1061	0.0011	0.1	729	46	668	10	650	6	3
31	1.00	0.02	0.0632	0.0015	0.9132	0.0207	0.1050	0.0011	0.1	714	50	659	11	643	6	2
32	0.65	0.01	0.0626	0.0023	0.8887	0.0319	0.1030	0.0012	0.1	696	76	646	17	632	7	2
33	0.62	0.01	0.0628	0.0020	0.8978	0.0277	0.1038	0.0012	0.1	700	66	651	15	637	7	2
34	1.01	0.02	0.0624	0.0016	0.8787	0.0212	0.1022	0.0011	0.1	689	53	640	11	627	6	2
35	0.59	0.01	0.0589	0.0015	0.6608	0.0159	0.0815	0.0009	0.1	562	54	515	10	505	5	2
36	0.91	0.02	0.0595	0.0023	0.7050	0.0267	0.0861	0.0011	0.1	584	82	542	16	532	6	2
37	0.54	0.01	0.0609	0.0024	0.7998	0.0302	0.0954	0.0012	0.1	634	81	597	17	588	7	2
38	0.82	0.01	0.0584	0.0012	0.6505	0.0124	0.0809	0.0008	0.1	544	43	509	8	501	5	1
39	0.76	0.01	0.0621	0.0011	0.8814	0.0144	0.1031	0.0010	0.2	676	37	642	8	633	6	1
40	1.42	0.02	0.0583	0.0013	0.6557	0.0141	0.0816	0.0008	0.1	541	49	512	9	506	5	1
41	1.17	0.02	0.0582	0.0015	0.6529	0.0162	0.0815	0.0009	0.1	536	56	510	10	505	5	1
42	1.27	0.02	0.0579	0.0015	0.6373	0.0153	0.0799	0.0008	0.1	525	54	501	9	496	5	1
43	0.84	0.02	0.0590	0.0029	0.7080	0.0339	0.0871	0.0012	0.1	568	103	544	20	538	7	1
44	0.92	0.02	0.0588	0.0016	0.6949	0.0176	0.0859	0.0009	0.1	558	56	536	11	531	6	1
45	0.77	0.01	0.0578	0.0013	0.6438	0.0138	0.0809	0.0008	0.1	521	49	505	9	501	5	1
46	0.52	0.01	0.0587	0.0019	0.7027	0.0221	0.0869	0.0010	0.1	556	70	540	13	537	6	1
47	0.37	0.01	0.0611	0.0018	0.8540	0.0242	0.1015	0.0011	0.1	641	62	627	13	623	7	1
48	0.66	0.01	0.0586	0.0011	0.6977	0.0123	0.0865	0.0008	0.1	551	40	537	7	535	5	1
49	1.41	0.02	0.0575	0.0010	0.6334	0.0099	0.0800	0.0007	0.2	510	37	498	6	496	4	0
50	0.70	0.01	0.0585	0.0010	0.7068	0.0109	0.0877	0.0008	0.2	548	36	543	6	542	5	0
51	0.50	0.01	0.0583	0.0010	0.6977	0.0115	0.0868	0.0008	0.2	541	39	537	7	537	5	0
52	0.52	0.01	0.0609	0.0013	0.8705	0.0171	0.1037	0.0010	0.1	636	44	636	9	636	6	0
53	1.97	0.03	0.0584	0.0010	0.7085	0.0119	0.0881	0.0008	0.2	544	39	544	7	544	5	0
54	0.60	0.01	0.0582	0.0015	0.6988	0.0176	0.0872	0.0009	0.1	535	58	538	11	539	5	0
55	0.44	0.01	0.0579	0.0014	0.6875	0.0159	0.0862	0.0009	0.1	526	53	531	10	533	5	0
56	1.03	0.02	0.0606	0.0011	0.8671	0.0140	0.1039	0.0010	0.2	624	37	634	8	637	6	0
57	1.53	0.03	0.0583	0.0018	0.7215	0.0210	0.0899	0.0010	0.1	539	65	552	12	555	6	-1
58	0.54	0.01	0.0580	0.0011	0.7057	0.0126	0.0883	0.0009	0.2	530	41	542	8	546	5	-1
59	0.45	0.01	0.0708	0.0016	1.5888	0.0348	0.1630	0.0017	0.1	950	46	966	14	974	10	-1
60	0.80	0.01	0.0566	0.0013	0.6243	0.0136	0.0801	0.0008	0.1	473	50	493	9	497	5	-1

№	Th/U	1σ	Изотопные отношения / Isotope ratios						Rho	Возраст, млн лет / Age, Ma						D, %
			$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ		$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	
61	1.25	0.02	0.0577	0.0014	0.6999	0.0167	0.0881	0.0009	0.1	517	54	539	10	544	6	-1
62	0.50	0.01	0.0576	0.0011	0.6997	0.0124	0.0881	0.0008	0.2	516	41	539	7	544	5	-1
63	1.28	0.02	0.0602	0.0013	0.8733	0.0181	0.1053	0.0011	0.1	612	46	637	10	645	6	-1
64	1.01	0.02	0.0604	0.0016	0.8886	0.0220	0.1067	0.0012	0.1	620	55	646	12	654	7	-1
65	0.59	0.01	0.0573	0.0011	0.6883	0.0125	0.0871	0.0008	0.1	504	42	532	8	539	5	-1
66	1.28	0.02	0.0585	0.0018	0.7638	0.0223	0.0948	0.0011	0.1	549	65	576	13	584	6	-1
67	1.33	0.02	0.0571	0.0012	0.6742	0.0136	0.0857	0.0009	0.1	496	46	523	8	530	5	-1
68	2.17	0.03	0.0589	0.0012	0.7867	0.0151	0.0970	0.0009	0.1	561	44	589	9	597	6	-1
69	1.86	0.03	0.0589	0.0013	0.7936	0.0160	0.0979	0.0010	0.1	562	46	593	9	602	6	-1
70	0.86	0.01	0.0574	0.0010	0.7023	0.0110	0.0888	0.0008	0.2	507	37	540	7	548	5	-1
71	0.96	0.01	0.0567	0.0010	0.6774	0.0109	0.0867	0.0008	0.2	479	38	525	7	536	5	-2
72	0.74	0.01	0.0570	0.0011	0.6999	0.0124	0.0892	0.0009	0.2	490	41	539	7	551	5	-2
73	0.67	0.01	0.0584	0.0011	0.7943	0.0147	0.0988	0.0010	0.2	543	42	594	8	608	6	-2
74	0.59	0.01	0.0566	0.0016	0.6847	0.0181	0.0879	0.0010	0.1	474	60	530	11	543	6	-2
75	0.75	0.01	0.0559	0.0011	0.6577	0.0124	0.0854	0.0008	0.1	449	44	513	8	528	5	-3
76	0.58	0.01	0.0563	0.0010	0.6794	0.0116	0.0876	0.0008	0.2	462	40	526	7	542	5	-3
77	0.51	0.01	0.0563	0.0010	0.6839	0.0119	0.0882	0.0009	0.2	463	41	529	7	545	5	-3
78	1.41	0.02	0.0562	0.0013	0.6793	0.0149	0.0878	0.0009	0.1	458	50	526	9	543	5	-3
79	0.62	0.01	0.0547	0.0009	0.6178	0.0099	0.0820	0.0008	0.2	400	38	489	6	508	5	-4
80	0.46	0.01	0.0556	0.0010	0.6806	0.0111	0.0889	0.0008	0.2	434	38	527	7	549	5	-4
81	0.55	0.01	0.0893	0.0018	3.1696	0.0603	0.2577	0.0026	0.2	1410	38	1450	15	1478	13	-2
82	0.64	0.01	0.0961	0.0014	3.7387	0.0496	0.2823	0.0026	0.2	1550	27	1580	11	1603	13	-1
83	0.32	0.01	0.0908	0.0015	3.2462	0.0499	0.2594	0.0025	0.2	1443	31	1468	12	1487	13	-1
84	0.32	0.01	0.1039	0.0018	4.4386	0.0704	0.3101	0.0030	0.2	1695	31	1720	13	1741	15	-1
85	0.45	0.01	0.0758	0.0014	1.9393	0.0330	0.1856	0.0018	0.2	1091	36	1095	11	1097	10	0
86	0.94	0.02	0.1529	0.0023	9.4609	0.1335	0.4491	0.0042	0.2	2379	26	2384	13	2391	19	0
87	0.51	0.01	0.1179	0.0019	5.6713	0.0860	0.3493	0.0034	0.2	1924	29	1927	13	1931	16	0
88	0.40	0.01	0.0864	0.0016	2.7246	0.0457	0.2289	0.0022	0.2	1347	34	1335	12	1329	12	1
89	1.41	0.02	0.2323	0.0036	19.1373	0.2735	0.5981	0.0057	0.2	3068	24	3049	14	3022	23	1
90	1.09	0.02	0.1197	0.0028	5.7035	0.1292	0.3461	0.0040	0.2	1951	42	1932	20	1916	19	1
91	0.29	0.00	0.0940	0.0016	3.3220	0.0531	0.2565	0.0025	0.2	1508	32	1486	12	1472	13	1
92	0.63	0.01	0.0839	0.0024	2.3647	0.0652	0.2047	0.0025	0.1	1289	55	1232	20	1201	14	3

Примечание.  $D = ((^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U age}) / (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U age}) - 1) * 100$  для циркона < 1 млрд лет;  $D = ((^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb age}) / (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U age}) - 1) * 100$  для циркона > 1 млрд лет.

Note.  $D = ((^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U age}) / (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U age}) - 1) * 100$  for zircons < 1 Ga;  $D = ((^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb age}) / (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U age}) - 1) * 100$  for zircons > 1 Ga.

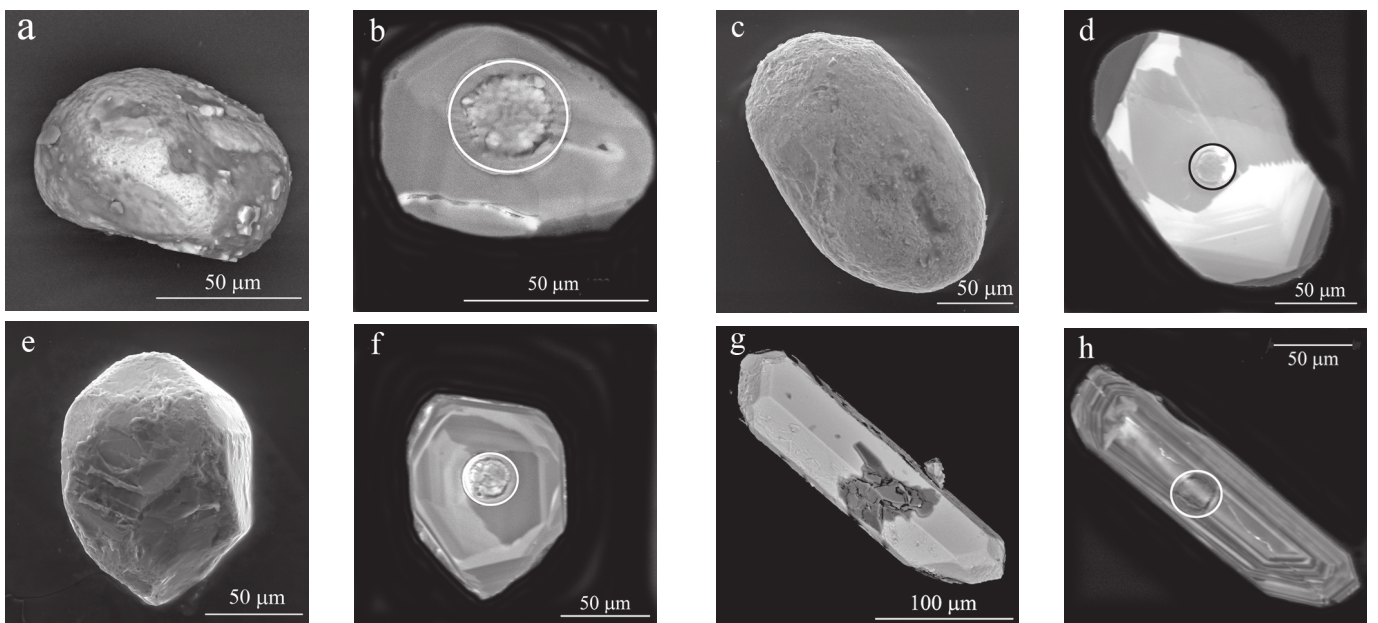


Рис. 3. Морфология и строение циркона в режиме катодоллюминесценции с положением лазерного кратера. Зерна с возрастaми: a, b –  $3068 \pm 24$  млн лет (обр. 89); c, d –  $1289 \pm 55$  млн лет (обр. 92); e, f –  $645 \pm 6$  млн лет (обр. 63); g, h –  $531 \pm 6$  млн лет

Fig. 3. Morphology and structure of zircon in the cathodoluminescence mode with the position of the laser crater. Grains with ages: a, b –  $3068 \pm 24$  Ma (sample 89); (c, d)  $1289 \pm 55$  Ma (sample 92); e, f –  $645 \pm 6$  Ma (sample 63); g, h –  $531 \pm 6$  Ma



точно узком возрастном позднерифейско-позднекембрийском интервале с максимально интенсивными пиками, соответствующими времени становления эпиконтинентальных рифтогенных магматических образований. Песчаники алькесвожской толщи сформированы за счет разрушения и переотложения материала подстилающих (или очень близко расположенных) магматических комплексов различных стадий формирования тиманид-протоуралид. Наиболее вероятными поставщиками неокатанного и слабоокатанного верхнерифейско-раннекембрийского циркона были широко распространенные на Приполярном Урале, близкие по времени образования кислые и основные вулканы саблегорской свиты, ассоциирующие с ними гранитоиды и интрузивные образования. Кластогенное золото могло поступать в породы алькесвожской толщи в результате размыва грейзенизированных пород, в частности на контактах основных интрузий манарагского комплекса и риолитов саблегорской свиты и коры выветривания по этим породам.

Работа выполнена в рамках Госзадания по теме НИР «Осадочные формации, вещество, седиментация, литогенез, геохимия, индикаторы литогенеза, геоконструкция осадконакопления» и № АААА-А21-12101189 0029-4 «Палеоокеанические и окраинно-континентальные комплексы в структурах складчатых поясов: состав, возраст, условия формирования и геодинамическая эволюция».

## Литература

1. Белякова Л. Т. Байкальская вулканогенная моласса севера Урала и болшеземельской тундры / Советская геология. 1982. № 10. С. 68–78.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Северо-Уральская. Лист Q-41-XXV. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ. 2013. 252 с.
3. Ефанова Л. И., Повонская Н. В. Алькесвожская толща хребта Малдынырд (Приполярный Урал) // Народное хозяйство Республики Коми. 1999. № 3. С. 470–485.
4. Кузнецов Н. Б., Алексеев А. С., Белоусова Е. А. и др. Тестирование моделей поздневендской эволюции северо-восточной периферии Восточно-Европейской платформы на основе первых результатов U/Pb-изотопного датирования (LA-ICP-MS) детритных цирконов из верхневендских песчаников Юго-Восточного Беломорья / Докл. АН. 2014. Т. 458. № 3. С. 313–317.
5. Кузнецов Н. Б., Соболева А. А., Удоратина О. В., и др. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Ст. 1. Протоуралиды, тиманиды и доордовикские гранитоидные вулcano-плутонические ассоциации севера Урала и Тимано-Печорского региона // Литосфера. 2006. № 4. С. 3–22.
6. Кузнецов Н. Б., Соболева А. А., Удоратина О. В., и др. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Ст. 2. Позднекембрийско-кембрийская коллизия Балтики и Арктиды // Литосфера. 2007. № 1. С. 32–45.
7. Озеров В. С. Метаморфизованные россыпи золота Приполярного Урала // Руды и металлы. 1996. № 4. С. 28–37.
8. Соболева А. А. Новые данные о возрасте Народинского массива (Приполярный Урал) / Вестник Института геологии. Сыктывкар. 2004. № 4. С. 2

9. Соболева А. А. Результаты U-Pb (SIMS)-датирования циркона из гранитов и риолитов хр. Малдынырд, Приполярный Урал // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения — 2020): Материалы российской конференции с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2020. С. 63–65.

10. Сорока Е. И., Рябинин В. Ф., Сазонов В. Н., и др. Трансформация пород Малдинского липаритового комплекса под воздействием многоэтапной коллизии // Ежегодник. 1994: ИГТ УрО РАН. Екатеринбург, 1995. С. 97–100.

11. Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Докембрий Приполярного Урала: хроностратиграфический аспект // Труды Карельского научного центра РАН. 2019. № 2. С. 34–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.17076/geo904>.

12. Удоратина О. В., Соболева А. А., Кузнецов Н. А. и др. Возраст гранитоидов Маньхембовского и Ильяизского массивов (Северный Урал): U-Pb-данные // ДАН. 2006. Т. 406. № 6. С. 810–815.

13. Хубанов В. Б., Буянтуев М. Д., Цыганков А. А. U-pb-изотопное датирование цирконов из рз<sub>3</sub>-mz-магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставление с SHRIMP-данными // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 241–258.

14. Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatshev R., et al. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia. Precambrian Res. 2008; V.160. pp. 23–45.

15. Stacey J. S., Kramers J. D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model / Earth and Planetary Science Letters. 1975. V. 26 (2). P. 207–221.

16. Williams I. S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: M. A. McKibben, W. C. Shanks III, W. I. Ridley (Eds.) / Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes. Reviews in Economic Geology Special Publication. 1998. V. 7. P. 1–35.

## References

1. Belyakova L. T. *Baykalskaya vulkanogennaya molassa severa Urala I Bolshezemelskoy tundry* (Baikal volcanogenic molasse of the north of the Urals and Bolshezemelskaya tundra). Soviet geology, 1982, No. 10, pp. 68–78.
2. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federazii. Mashtab 1:200000. Seria Severouralskaya. List Q-41-XXV. Obyasnitelnaya zapiska.* (State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 200,000. The North Ural series. Sheet Q-41-XXV. Explanatory note.) Moscow: MF VSEGEI, 2013.
3. Efanova L. I., Povonskaya N. V. Alkesvozhskaya tolshcha Khrebta Maldynyrd (Pripolyarnyy Ural) (Alkesvozhskaya formation of the Maldynyrd Ridge (Polar Urals)). Narodnoye khozyaystvo Respubliki Komi (National economy of the Komi Republic), 1999, No. 3, pp.470–485.
4. Kuznetsov N. B., Alekseev A. S., Belousova E. A. et al. *Testirovanie modeley pozdnevendskoy evoluzii severo-vostochnoy pereferii Vosstochno-evropeyskoy platform na osnove pervykh rezultatov U/Pb-isotopnogo datirovaniya (LA-ICP-MS) detritnykh zirkonov is verchnevendskikh peschaniikov Yugo-Wostochnogo Belomorja* (Testing Models of the Late Vendian Evolution of the Northeastern Periphery of the East European Craton Based on the first U/Pb Dating Zircons from Upper Vendian Sandstones of the Southeastern White Sea region). Doklady Earth Sciences, 2014, 458 (1), pp. 1073-1076. doi:10.1134/C1028334C14090311



5. Kuznetsov N. B., Soboleva A. A., Udoratina O. V. et al. *Douralskaya tektonicheskaya evoluziya severo-vostochnogo i wostochnogo obramleniya Wostochno-evropeyskoy platform. St. 1. Protouralidy, Timanidy i Doordovikskie granitoidnye vulkono-plutonicheskie assotiazii severa Urala I Timano-Pechorskogo regiona* (Pre-Uralian tectonic evolution of the northeast and east framing of the East European Platform. Paper 1. Protouralids, Timanides, and Pre-Ordovician granitoid volcano-plutonic associations of the north of the Urals and the Timan-Pechora region). *Lithosphere*, 2006, No. 4, pp. 3–22.
6. Kuznetsov N. B., Soboleva A. A., Udoratina O. V. et al. *Douralskaya tektonicheskaya evoluziya severo-vostochnogo i wostochnogo obramleniya Wostochno-evropeyskoy platform. St. 2. Pozdnembriysko-kembriyskaya kolliziya Baltiki I Arktidy* (Pre-Uralian tectonic evolution of the northeastern and eastern framing of the East European Platform. Paper 2. Late Precambrian–Cambrian collision of the Baltica and Arctida). *Lithosphere*, 2007, 1, pp. 32–45.
7. Ozerov V. S. *Metamorfizovannye rossypi zolota Pripolyrnogo Urala* (Metamorphosed gold placers in the Subpolar Urals). *Ores and metals*, 1996, 4, pp. 28–37.
8. Soboleva A. A. *Novye dannye o vozraste Narodinskogo massiva (Pripolyarny Ural)* (New data on the age of the Narodinsky massif (Circumpolar Urals)). *Vestnik of the Institute of Geology*, 2004, No. 4, p. 2.
9. Soboleva A. A. *Resultaty U-Pb (SIMS)-datirovaniya zirkona iz granitov i riolitov chr. Maldynyrd, Pripolarny Ural* (Results of U-Pb (SHRIMP) dating of zircon from granites and rhyolites of the Maldynyrd region, Circumpolar Urals). *Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy (Yushkin Readings 2020)*: Proceedings of the Russian conference with international participation, 2020, pp. 63–65.
10. Soroka E. I., Ryabinin V. F., Sazonov V. N. et al. *Transformazia porod Maldinskogo liparitovogo kompleksa pod vozdeystviem mnogoetapnoy kollizii* (Transformation of rocks of the Maldinsky liparite complex under the influence of a multi-stage collision). *Yearbook*, 1994, IGG UB RAS, 1995, pp. 97–100.
11. Pystin A. M., Pystina Yu. I. *Dokembry Pripolyarnogo Urala: hronostratigraficheskiy aspekt* (Precambrian of the Circumpolar Urals: chronostratigraphic aspect). *Proceedings of Karelian SC RAS*, 2019, No.2, pp. 34–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.17076/geo904>
12. Udoratina O. V., Soboleva A. A., Kuzenkov N. A. et al. *Vozrast granitoidov Manchambovskogo i Ilyaizskogo massivov (Severny Ural): U-Pb-dannue* (Age of granitoids of the Mankhambovsky and Ilyaizsky massifs (Northern Urals)): U-Pb data). *Doklady Earth Sciences*, 2006, No. 407(2), pp. 284–289. DOI:10.1134/s1028334x06020309
13. Khubanov V. B., Buyantuev M. D., Tsygankov A. A. *U-pb izotopnoe datirovanie zirkonov iz PZ<sub>3</sub>-MZ magmaticheskikh kompleksov Zabaykalia metodom magnitno-sekturnoi mass-spektrometrii s lazernym probotoorom: prozedura opredeleniya i sopostavlenie s SHRIMP dannymi* (U-pb isotope dating of zircons from pz<sub>3</sub>-mz magmatic complexes of Transbaikalia by magnetic sector mass spectrometry with laser sampling: determination procedure and comparison with SHRIMP data). *Russian Geology and Geophysics*, 2016, No. 57(1), pp. 190–205 doi:10.1016/j.rgg.2016.01.013
14. Bogdanova S. V., Bingen B., Gorbatshev R. et al. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia. *Precambrian Res.*, 2008, No. 160, pp. 23–45. doi:10.1016/j.precamres.2007.04.024
15. Stacey J. S., Kramers J. D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 1975, No. 26(2), pp. 207–221.
16. Williams I. S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: McKibben MA, Shanks III WC, Ridley WI. editors. *Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes*. *Reviews in Economic Geology Special Publication*, 1998, No. 7, pp. 1–35.

Поступила в редакцию / Received 20.04.2022