

УДК 551.71/.72 (234.851)

ДОКЕМБРИЙ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА: ХРОНОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

А. М. Пыстин, Ю. И. Пыстина

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

Приведены новые геохронологические данные по нижне- и верхнепротерозойским комплексам Приполярного Урала, где обнажающийся на поверхности разрез докембрия в Ляпинском антиклинории является стратотипическим для всего Тимано-Североуральского региона. Предложен авторский вариант схемы стратиграфии допалеозойских образований рассматриваемого района. Показано, что в отличие от Башкирского антиклинория на Южном Урале, где известен полный разрез верхнего протерозоя, здесь отсутствуют нижне- и среднерифейские отложения. С учетом новых данных по изотопному возрасту цирконов из докембрийских образований различных районов Тимано-Североуральского региона обосновывается представление о том, что в течение всего раннего рифея и большей части или всего среднего рифея северо-восточная окраина Балтики была вне зоны морского осадконакопления. То есть время заложения Тиманской континентальной окраины близко к рубежу среднего и верхнего рифея.

Ключевые слова: Приполярный Урал; нижний и верхний протерозой; комплекс; свита; изотопный возраст.

A. M. Pystin, Yu. I. Pystina. THE PRECAMBRIAN IN THE SUB-POLAR URALS: THE CHRONOSTRATIGRAPHIC ASPECT

New geochronological data on the Lower and Upper Proterozoic complexes of the Sub-Polar Urals are presented, where the outcropping Precambrian section in the Lyapin anticlinorium is the stratotype for the entire Timan-Northern Urals region. The author's version of the stratigraphic scheme for Pre-Palaeozoic formations in the study area is proposed. It is shown that unlike the Bashkir anticlinorium in the Southern Urals, with a complete section of the Upper Proterozoic, our region has no Lower and Middle Riphean deposits. Taking into account the new data on the isotope age of zircons from the Precambrian formations from the various parts of the Timan-Northern Urals region, it is argued that that during the entire Early Riphean and most or all of the Middle Riphean the northeastern margin of the Baltic was outside the zone of marine sedimentation. That is, chronologically, the Timan continental margin was laid down near the boundary of the Middle and Upper Riphean.

Keywords: Sub-Polar Ural; Lower and Upper Proterozoic; complex; suite; isotope age.

Введение

Район развития докембрийских отложений на Приполярном Урале в пределах Ляпинского антиклинория является стратотипическим для всего Тимано-Североуральского региона, включающего Канино-Тиманскую гряду, Печорскую синеклизу, северную часть Урала и Пай-Хой (рис. 1). Во второй половине прошлого столетия рассматриваемая площадь была покрыта геологической съемкой масштаба 1:200 000 и 1:50 000. Позднее здесь было

проведено геологическое доизучение масштаба 1:200 000 и выполнены региональные геологические исследования при подготовке к изданию Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000. Кроме того, неоднократно выполнялись различные поисковые, поисково-оценочные, геологоразведочные и тематические работы. Тем не менее, несмотря на сравнительно хорошую изученность этого района, многие вопросы геологии остаются нерешенными или дискуссионными. В частности, по-разному трактуется объем распространен-

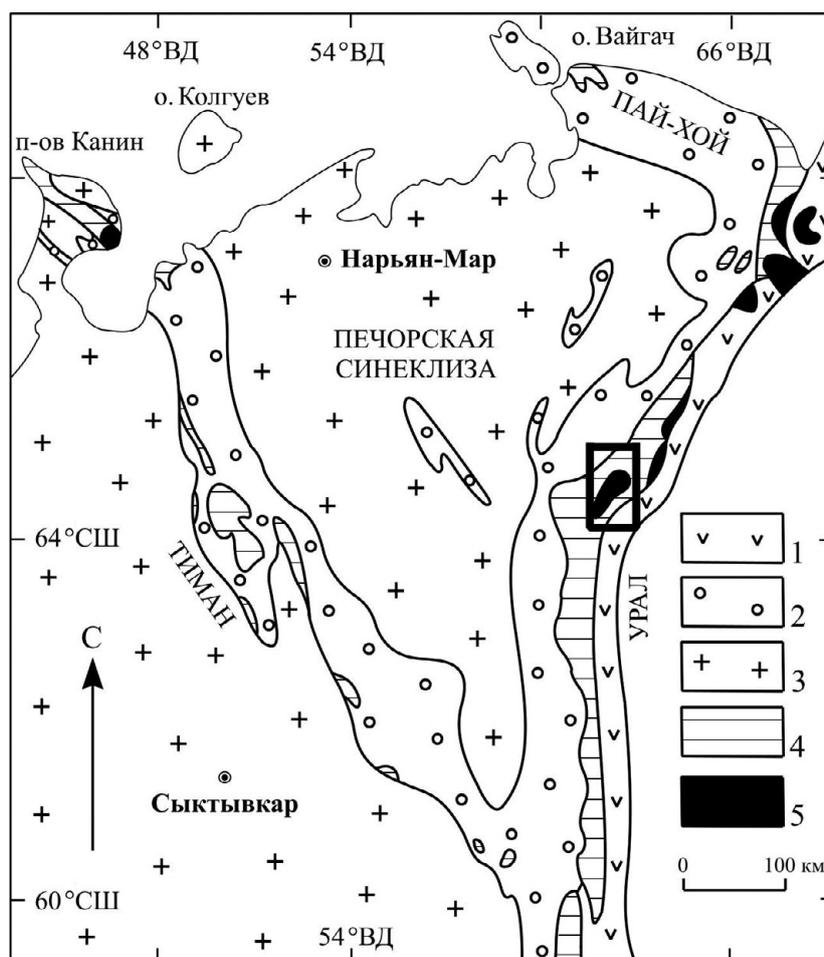


Рис. 1. Схема геологического строения Тимано-Североуральского региона [по: Литосфера..., 2008]:

1–2 – палеозойские формации: 1 – палеоокеанические; 2 – палеоконтинентальные; 3 – осадочный чехол Европейской платформы; 4 – верхнедокембрийские образования, преимущественно претерпевшие зеленосланцевый метаморфизм; 5 – нижнедокембрийские и предположительно нижнедокембрийские полиметаморфические комплексы. Прямоугольником выделен район исследований на Приполярном Урале (см. рис. 3)

Fig. 1. Scheme of the geological structure of the Timan-Northern Urals region [Litosfera..., 2008]:

1–2 – Paleozoic formations: 1 – Paleooceanic; 2 – Paleocoastal; 3 – sedimentary cover of the European Platform; 4 – Upper Precambrian bodies, mostly subjected to greenschist metamorphism; 5 – Lower Precambrian and presumably Lower Precambrian polymetamorphic complexes. The studied area of the Nether-Polar Urals is shown by the rectangle (see Fig. 3)

Подразделения стратиграф. шкалы		Региональные стратоны	1	2	3	4	5
Стратиграфические подразделения: свиты (серии, комплексы)							
PZ	Є		Маньинская Хобеинская Щокуринская Пуйвинская Ошизская				
PR ₂	V	As	Шатмагинская	Маньинская Хобеинская	Лаптопайская	Саблгорская	Лаптопайская
		Sr			Саблгорская		Саблгорская Мороинская Хобеинская Пуйвинская
	RF ₃	Kr			Мороинская (Санаизская) Хобеинская	Мороинская Хобеинская	Щокуринская Маньхобеинская
		Uk			Пуйвинская	Пуйвинская Щокуринская Маньхобеинская	
		Kzt					Щокуринская Маньхобеинская
RF ₂	RF ₁	Николайшорская	Няртинский комплекс	Няртинская серия			
PR ₁							

Рис. 2. Сопоставление стратиграфических схем докембрийских образований Приполярного Урала. Региональные стратоны по: [Стратиграфические..., 1993]:

As – Ашинский, Sr – Серебрянский, Kr – Криволукский, Uk – Укский, Krt – Каратауский.

Колонки по: 1 – [Львов, 1959], 2 – [Фишман, Голдин, 1963], 3 – [Стратиграфические..., 1993], 4 – [Государственная..., 2001a], 5 – [Государственная..., 2001b]

Fig. 2. Comparison of the stratigraphic diagrams of the Precambrian bodies of the Nether-Polar Urals. Regional stratigraphic units are given after: [Stratigraphic..., 1993]:

As – Asha, Sr – Serebryansk, Kr – Krivoluk, Uk – Uk, Krt – Karatau.

Columns after: 1 – [L'vov, 1959], 2 – [Fishman, Goldin, 1963], 3 – [Stratigraficheskie..., 1993], 4 – [Gosudarstvennaya..., 2001a], 5 – [Gosudarstvennaya..., 2001b]

ных здесь нижнедокембрийских образований: от полного их отрицания до включения в разрез нижнего протерозоя породных ассоциаций, традиционно относящихся к рифею. Остается спорным вопрос о нижнем возрастном рубеже базальных отложений верхнего докембрия. Эти и другие нерешенные вопросы геологии докембрия Приполярного Урала обусловлены отсутствием надежного палеонтологического обоснования возраста большей части разреза, прежде всего в силу метаморфического изменения пород, а также недостаточным уровнем изотопно-геохронологических исследований.

В статье исходя из накопленного на сегодняшний день фактического материала и вновь полученных данных обосновывается авторский вариант стратиграфического расчленения и возрастных ограничений приполярноуральского докембрия.

Современное состояние геологической изученности и краткая характеристика стратифицированных образований докембрия Приполярного Урала

Первая наиболее обоснованная стратиграфическая схема с посвитным делением метаморфических толщ Приполярного Урала была предложена К. А. Львовым [1959]. В составе доордовикских метаморфических образований и метаморфизованных осадочно-вулканогенных отложений К. А. Львов выделил шатмагинскую свиту протерозойского возраста, а также ошизскую, пуйвинскую, щокуринскую, хобеинскую и маньинскую свиты, которые он относил к кембрию (рис. 2). Позднее стратиграфическая схема К. А. Львова неоднократно уточнялась в части обоснования возраста тех или иных подразделений и их объема. В результате региональных исследований, прово-

димых в 50–60 гг. прошлого столетия на Приполярном Урале под руководством М. В. Фишмана, были впервые выделены дорифейские образования (николайшорская свита), а более молодые стратиграфические подразделения, относимые К. А. Львовым к кембрию, выведены на рифейский возрастной уровень (рис. 2). Л. Т. Белякова [1972], обобщая материалы крупномасштабных геологических съемок, проведенных в 1960-е годы, отнесла глубоко-метаморфизованные образования Приполярного Урала к няртинскому метаморфическому комплексу нижнего протерозоя и предложила новый вариант посвитного деления верхнепротерозойских толщ. Эта схема была принята IV Уральским межведомственным стратиграфическим совещанием [Стратиграфические..., 1993]. По предложению Л. Т. Беляковой нижняя часть рифейского разреза была отнесена к маньхобеинской свите. Л. Т. Белякова показала, что щокурьинская свита подстилает ошизскую свиту (нижнюю толщу пуйвинской свиты, по Л. Т. Беляковой), а не наращивает ее, как это считали предыдущие исследователи.

По решению IV Уральского межведомственного стратиграфического совещания в докембрийском разрезе Приполярного Урала были выделены следующие стратиграфические подразделения (снизу вверх): няртинский метаморфический комплекс (PR_1), маньхобеинская и щокурьинская свиты (RF_1), пуйвинская свита, включающая базальную ошизскую толщу (RF_2), хобеинская и мороинская (санаизская) свиты (RF_3), саблегорская (RF_3-V_1) и лаптопайская (V_2) свиты (рис. 2).

Няртинский метаморфический комплекс (PR_1) выполняет ядро Хобеизской антиклинали, расположенной в северной части Ляпинского антиклинория, входящего в структуру Центрально-Уральского поднятия. Он сложен вытянутый в северо-восточном направлении одноименный тектонический блок длиной 65 км. В юго-западной части ширина выхода комплекса на дневной поверхности около 15 км, в северо-восточной части метаморфические толщи выступают в виде изометричного, почти круглого в плане, массива диаметром 30–35 км (рис. 3).

В разрезе няртинского комплекса наибольшим распространением пользуются гранатые и гранатосодержащие слюдястые гнейсы и кристаллические сланцы, а также продукты их гранитизации (мигматиты). В подчиненном количестве присутствуют амфиболиты, амфиболосодержащие кристаллические сланцы, кварциты и мраморы. Вблизи тектонических контактов породы няртинского комплекса претерпели

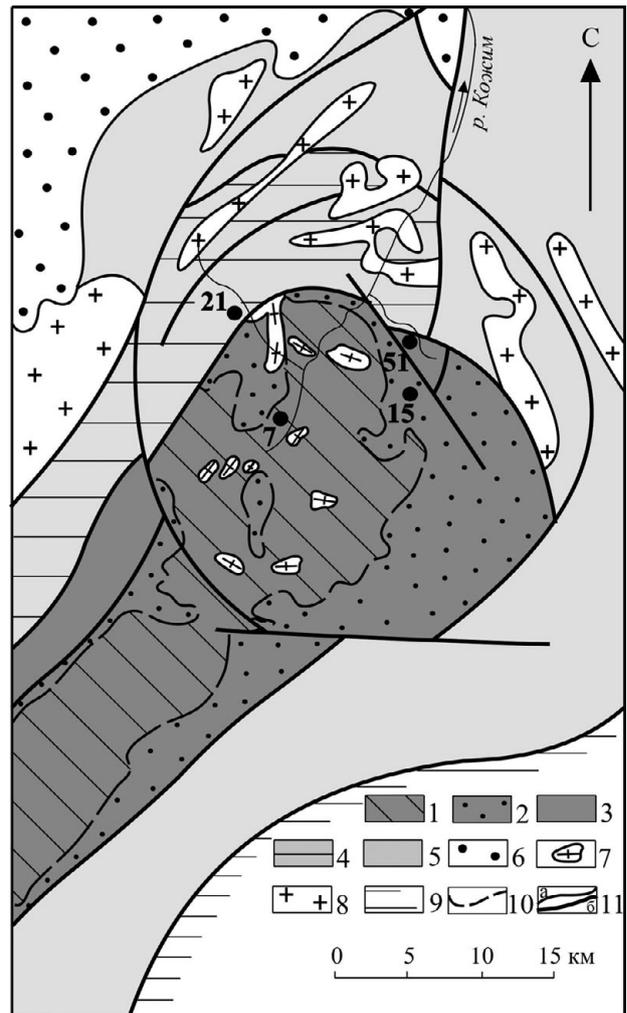


Рис. 3. Схема геологического строения северной части Приполярного Урала:

1 – няртинский метаморфический комплекс (PR_1), 2 – маньхобеинская свита ($RF_1?$), 3 – щокурьинская свита ($RF_2?$); 4 – пуйвинская свита ($RF_2?$); 5 – верхнерифейско-вендские отложения (RF_3-V), нерасчлененные; 6 – палеозойские отложения (E_3-O), нерасчлененные; 7 – гранито-гнейсы; 8 – граниты; 9 – нерасчлененные магматические комплексы зоны Главного Уральского разлома; 10 – неявно выраженная граница няртинского комплекса и маньхобеинской свиты; 11 – геологические границы: а – границы стратиграфических и интрузивных подразделений, б – разломы. Черными кружочками с цифрами показаны места отбора и номера проб

Fig. 3. Scheme of the geological structure of the northern part of the Nether-Polar Urals:

1 – Nyartin metamorphic complex (PR_1), 2 – Manhobeyu suite ($RF_1?$), 3 – Schekurya suite ($RF_2?$); 4 – Puiya suite ($RF_2?$); 5 – Upper Riphean-Vendian deposits (RF_3-V), undissected; 6 – Paleozoic deposits (E_3-O), undissected; 7 – granite-gneiss; 8 – granites; 9 – undissected magmatic complexes of the Main Uralian Fault; 10 – smooth boundary between Nyartin complex and Manhobeyu suite; 11 – geological boundaries: a – boundaries of stratigraphic and intrusive units, б – faults. The black circles with figures show the numbers of samples and places of their taking

рассланцевание и диафторез. Низкотемпературные диафториты имеют вид хлорит-муско-

вит-альбит-кварцевых, эпидот-альбит-хлорит-актинолитовых, кальцит-эпидот-хлоритовых сланцев.

В соответствии с [Стратиграфические..., 1993], мощность комплекса более 2500 м. По нашей оценке, с учетом складчатости видимая мощность комплекса составляет около 1200 м [Пыстин, 1994].

Первая изотопная датировка, подтверждающая предположение о дорифейском возрасте пород няртинского комплекса (1680 млн лет), приведена в статье В. Н. Пучкова и Л. А. Карстен [1986]. Она была получена Pb-Pb термоизохронным методом по циркону из гранат-биотит-мусковит-полевошпатовых сланцев и интерпретировалась авторами как время проявления гранулитового метаморфизма. К сожалению, сведения о морфологических особенностях проанализированных цирконов в цитируемой работе не приводятся. С целью получения корректных геохронологических данных нами были проведены специальные исследования морфологии цирконов из метаморфических пород как Приполярного [Пыстина, 1997], так и других районов Урала [Пыстина, Пыстин, 2002; Pystin, Pystina, 2015 и др.]. В результате было установлено, что среди большого разнообразия морфологических разновидностей цирконов типоморфными для полиметаморфических образований региона являются пять основных морфотипов (рис. 4). Первый (1, 2) представлен единичными хорошо окатанными зернами, второй (3–5) – изометричными слабозональными или незональными (шаровидными) зернами с обилием граней, третий (6–8) – кристаллическими образованиями неправильной формы, представляющими собой сростки нескольких индивидов, четвертый (9–10) – отчетливо зональными призматическими зернами, пятый (11–13) – короткопризматическими непрозрачными или полупрозрачными кристаллами. Циркон первого морфотипа (детритовый) относится к аллотигенным образованиям, остальные четыре имеют метаморфический генезис. Их разнообразие связано с полиметаморфической природой вмещающих минералы пород. Судя по литературным данным, цирконы второй разновидности характерны для ультравысокотемпературных и ультравысокобарических метаморфитов и на Урале выделяются как цирконы «гранулитового» типа [Краснобаев, 1986]. Причина возникновения сложных форм цирконов третьего морфотипа, возможно, заключается в отсутствии силикатного расплава и дефицита флюидов. Не случайно, как заметили Дж. Пюкет и его коллеги [Peucat et al., 1990], такие формы (типа «цвет-

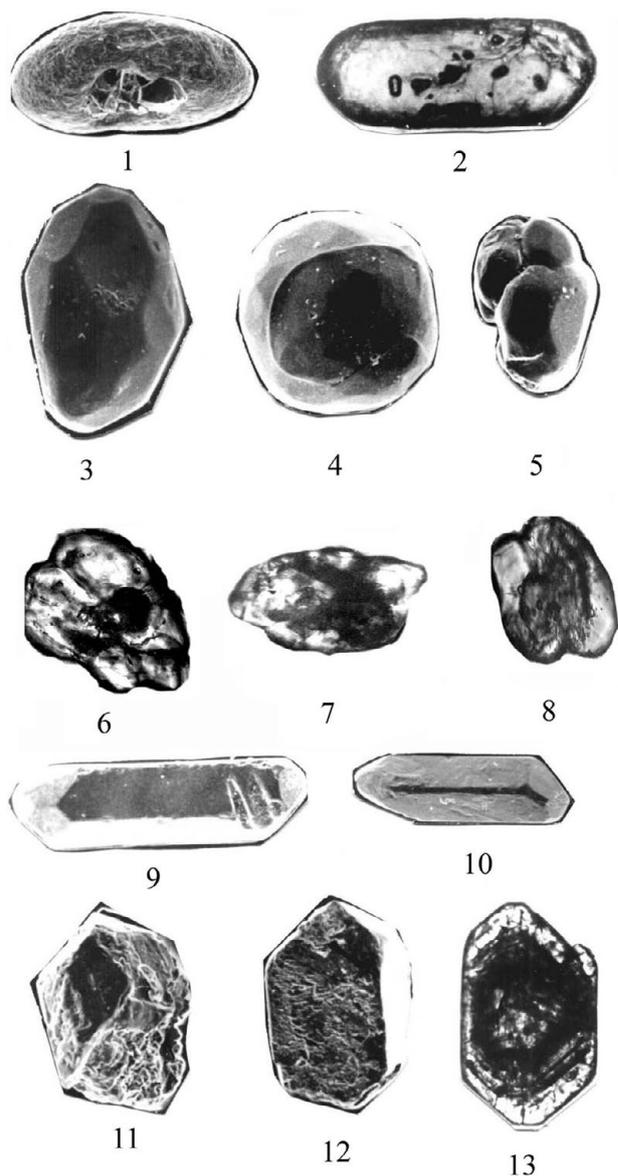


Рис. 4. Морфология цирконов в породах полиметаморфических комплексов Урала.

Описание морфотипов цирконов приведено в тексте

Fig. 4. Morphology of zircons in the rocks of polymetamorphic complexes in the Urals.

The description of zircons morphotypes is given in the text

ной капусты») характерны для цирконов из метаморфических пород мафитового состава, для которых, как известно, выше температурный порог мигматизации. Нами они установлены также в метаморфитах кислого состава (кристаллических сланцах и кварцитах), но только в тех комплексах, где условия метаморфизма не превышали низких ступеней амфиболитовой фации и, соответственно, не сопровождалось процессами мигматизации [Пыстина, Пыстин, 2002; Пыстин, Пыстина, 2006]. Цирконы четвертой разновидности типичны для пород ам-

фиболитовой фации, особенно для их мигматизированных разновидностей. Их образование связывается с присутствием силикатного расплава, и поэтому фактически они являются магматическими цирконами. На Урале они известны как цирконы «мигматитового» типа [Краснобаев, 1986]. В породах полиметаморфических комплексов Урала этот морфотип, как правило, является преобладающим среди цирконов. Наличие в некоторых метаморфических породах пятой разновидности цирконов мы связываем с проявлением средне-низкотемпературного диафореза.

Как видно из вышесказанного, предлагаемая типизация цирконов из полиметаморфических комплексов Урала с их привязкой к фациальным условиям образования пород основана исключительно на эмпирических данных. Несомненно, что дальнейшие исследования в этом направлении внесут определенные коррективы. Тем не менее учет морфологических особенностей цирконов как при пробоподготовке, так и при интерпретации аналитических данных, в частности результатов изотопного датирования, представляется крайне важным для получения наиболее корректных выводов.

По нашим материалам из гранат-слюдяных гнейсов няртинского комплекса ранее было получено несколько термоизохронных Pb-Pb датировок цирконов: 2210 ± 25 , 2125 ± 25 , 1950 ± 35 , 1820 ± 30 , 960 ± 20 , 700 ± 20 и 665 ± 25 млн лет [Пыстина, Пыстин, 2002]. Первое возрастное значение относится к детритовым цирконам, второе – к изометричным (шаровидным) цирконам «гранулитового» типа, последнее – к короткопризматическим непрозрачным цирконам, остальные – к призматическим цирконам «мигматитового» типа. Наличие в породах няртинского комплекса цирконов «гранулитового» типа позволило нам высказать предположение, что они представляют собой средне-высокотемпературные диафориты по гранулитам, а датировка 2125 ± 25 млн лет определяет время проявления метаморфизма гранулитовой фации [Пыстина, Пыстин, 2002].

Выполненное позднее U-Pb датирование метаморфогенных цирконов на ионном микрозонде SHRIMP-II (ВСЕГЕИ) привело к неоднозначным результатам [Пыстин, Пыстина, 2008]. Для цирконов «гранулитового» типа было зафиксировано три возрастных интервала: 1746–1722, 960–942 и 752–662 млн лет. Вряд ли эти цифры отражают реальные возрастные рубежи нескольких последовательных этапов метаморфизма гранулитовой фации. По-видимому, это «омоложенные» значения, связанные с проявлением более низкотемпературных

процессов (метаморфизма амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций), которые интенсивно проявились в породах няртинского комплекса [Пыстин, 1991]. Для цирконов «мигматитового» типа был получен еще более значительный разброс возрастов: 1748–498 млн лет с преобладающими значениями в интервалах 1748–1574, 1284–1204 и 782–634 млн лет.

Дополнительные изотопно-геохронологические данные были получены при проведении геологического доизучения территории в масштабе 1:200 000 [Государственная..., 2001a]. U-Pb возраст цирконов «мигматитового типа» (первично магматических цирконов, по авторам изданной карты) из амфиболовых гнейсов и кварц-мусковитовых сланцев оказался равным соответственно 1498 и 1509 млн лет, что вполне укладывается в полученный нами возрастной интервал цирконов этого морфотипа. Однако ошибочная интерпретация датированных цирконов как первично магматических привела авторов карты к заключению о раннерифейском возрасте пород няртинского комплекса и повлекла за собой кардинальное изменение существовавшей ранее схемы стратиграфии докембрия этого района (рис. 2).

Маньхобеинская свита (RF₁) была выделена Л. Т. Беляковой [1972] из состава николайшорской, по М. В. Фишману и Б. А. Голдину [1963], свиты. Она представлена мусковит-альбит-кварцевыми и мусковит-кварцевыми кристаллическими сланцами с прослоями слюдино-полевошпатовых кварцитов и эпидот-альбит-хлорит-актинолитовых сланцев. В основании свиты, по мнению Л. Т. Беляковой, отмечаются прослои конгломератов и гравелитов. Мощность маньхобеинской свиты 800–900 м. Ревизия некоторых обнажений, выполненная нами, показала, что грубообломочные образования в разрезе маньхобеинской свиты имеют явно катакластическую и диафорическую природу и сформировались за счет кристаллических сланцев и других метаморфических пород, аналогичных тем, которыми сложен няртинский комплекс. В бассейне руч. Кожимвож Л. Т. Беляковой к маньхобеинской свите были отнесены очковые гранитогнейсы, имеющие, как выяснилось позднее при геологической съемке [Пыстин, 1994], постепенные переходы к гнейсовидным гранитам, слагающим небольшие автохтонные массивы среди метаморфических пород няртинского комплекса. Следует также отметить, что в ряде разрезов маньхобеинской свиты среди низкотемпературных метаморфических пород присутствуют реликты высокотемпературных метаморфитов

(гранатовых амфиболитов и гранат-слюдяных кристаллических сланцев). То есть маньхобеинская свита во многих местах в северной части Ляпинского антиклинория выделена на месте участков развития низкотемпературных диафоритов по породам няртинского комплекса. Поэтому вопрос о масштабах распространения и, возможно, даже наличия базальных обломочных отложений нижнего рифея в основании верхнедокембрийского разреза Приполярного Урала остается проблематичным.

При геологическом доизучении масштаба 1:200 000 [Государственная..., 2001a] и издании листа Q-40, 41 Государственной карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 [Государственная..., 2001б] возраст отложений маньхобеинской и залегающей выше щокурьинской свит был определен как среднерифейский (рис. 2).

Щокурьинская свита (RF₁). В составе свиты преобладают карбонатсодержащие породы: слюдяные мраморы и известковые слюдяные кристаллические сланцы. Подчиненное значение имеют обычные для нижележащих толщ слюдяные и амфиболсодержащие сланцы и полевошпатовые кварциты. Максимальная мощность свиты 700 м [Стратиграфические..., 1993]. Взаимоотношения щокурьинской свиты с нижележащими образованиями тектонические.

А. Г. Вологдин [1967] датировал отложения щокурьинской свиты нижним протерозоем или низами верхнего протерозоя. Основанием для этого послужили находки органических остатков в карбонатсодержащих породах на крайнем северном участке развития щокурьинской свиты в бассейне р. Хасаварка (правом притоке р. Кожим). Здесь были установлены остатки трубчатых водорослей *Nelcanella* sp. и новый вид *Murandavia magna* Vol., которые, по заключению А. Г. Вологодина, сходны по внешнему виду и строению с водорослями мурандавской свиты Мал. Хингана и гонамской свиты Саяно-Муйского района Сибири. Все последующие попытки, в том числе принимаемые нами, найти остатки ископаемой флоры в породах щокурьинской свиты, не увенчались успехом. Учитывая широкое распространение надвиговых структур в восточном крыле Хобеизской антиклинали, не исключено, что среди сильно-метаморфизованных отложений, относимых к щокурьинской свите, могут встречаться тектонические линзы относительно слабо метаморфизованных (и, возможно, более молодых) образований. Присутствие в породах щокурьинской свиты, так же как и маньхобеинской, реликтов высокотемпературных метаморфи-

ческих парагенезисов [Пыстина, Пыстин, 2002] ставит под сомнение возможность сохранения в них органических остатков.

На сегодняшний день вопрос о возрасте пород щокурьинской свиты остается нерешенным. Как следует из приведенных выше стратиграфических схем (рис. 2), возраст свиты считается либо раннерифейским, либо среднерифейским. Обоснованием раннерифейского возраста, как было отмечено выше, являются проблематичные находки протерозойских водорослей. На среднерифейский возраст может указывать обогащенность пород щокурьинской свиты барием, что позволяет сопоставлять ее с авзянской свитой среднего рифея стратотипической местности в Башкирском антиклинории на Южном Урале [Геохимия..., 2002]. Существует также представление о принадлежности этих образований к дорифеидам. В частности, на основании сопоставления уральских докембрийских комплексов с докембрием платформенных областей Ю. Р. Беккер [Докембрий..., 1978] проводит корреляцию сланцево-кварцито-карбонатных отложений (щокурьинской свиты) Приполярного Урала с онежской серией Карелии, принадлежащей к верхам разреза нижнего протерозоя.

Пуйвинская свита (RF₂) залегают с размывом на породах маньхобеинской свиты (или диафоритах няртинского комплекса, по нашим данным), а также щокурьинской свиты (рис. 3). Часто контакты подорваны и трассируются зонами низкотемпературных бластомилонитов по залегающим ниже метаморфическим образованиям. Свита сложена серыми и зеленовато-серыми слюдисто-альбит-кварцевыми сланцами с прослоями амфиболовых и известковистых сланцев и кварцитов. В подчиненном количестве встречаются риолитовые и дацитовые метапорфиры и их туфы. В основании пуйвинской свиты выделяется ошизская толща слюдисто-полевошпатовых кварцитов с линзами конгломератов. Конгломераты содержат преимущественно кварцитовую гальку. Мощность ошизской толщи достигает 350 м, а общая мощность пуйвинской свиты составляет 1400–1600 м [Пыстина, 1997].

Возраст свиты определяют находки строматолитов рода *Tungussia*, известных в средне-верхнерифейском разрезе Сибири, а также комплекса микрофоссилий среднерифейского уровня (определения Л. Н. Ильченко): *Leiosphaeridia crass* (Naum) Tim., *L. incrasata* (Naum) Tim., *L. bicrura* Jank., *L. jatica* (Tim) Mikh. et Jank., *L. minutissima* (Naum) Tim., *Satka granulosa* Jank., *S. favosa* Jank., *Synshaeridium sorediforme* Tim [Пыстина, Пыстин, 2002].

Хобеинская свита (RF₃) залегает с размывом на сланцах пуйвинской свиты. Свита представлена светлыми зеленовато-серыми тонкополосчатыми хлорит-мусковит-альбит-кварцевыми и мусковит-альбит-кварцевыми сланцами, белыми и светло-серыми кварцитами и известковистыми кварцитопесчаниками. В подчиненном количестве встречаются темно-серые филлитовидные сланцы.

В нижней части разреза свиты отмечаются линзы и прослои конгломератов. Конгломераты по составу преимущественно кварцевые. Цемент хлорит-кварцевый и мусковит-кварцевый.

Верхнерифейский возраст свиты устанавливается по ее залеганию под охарактеризованными органическими остатками отложениями мороинской свиты. Суммарная мощность хобеинской свиты 700–1000 м.

Мороинская свита (RF₃) залегает согласно на отложениях хобеинской свиты и характеризуется резкой изменчивостью литологического состава: различным соотношением в различных разрезах свиты терригенных, вулканогенных и карбонатных пород. Свита сложена темно-серыми и серыми мусковит-хлорит-альбит-кварцевыми сланцами, известковистыми сланцами с прослоями и линзами мраморов и мраморизованных доломитов, зелеными ортосланцами, кварцитами. В целом вверх по разрезу свиты роль карбонатных пород увеличивается.

В бассейне р. Кожим свита представлена монотонными филлитовидными и известковистыми сланцами с линзами мраморизованных известняков, доломитов и кварцитов. Вулканогенные породы встречаются в резко подчиненном количестве. По предложению Л. Т. Беляковой в схеме IV Уральского межведомственного стратиграфического совещания [Стратиграфические..., 1993] эти отложения выделены как санаизская свита, а название «мороинская свита» сохранено за одновозрастными с санаизской свитой вулканогенно-осадочными толщами, развитыми в южной половине Приполярного Урала. Позднерифейский возраст мороинской свиты установлен на основании находок микрофитолитов *Osagia milstenae* Zabr., *O. pullata* Zabr., *Vesicularites elongates* Zabr., *V. vapolensis* Zabr. и строматолитов *Gymnosolen (Manjaria) uralicus* Raab., *G. (Manjaria) giganteus* Raab., *G. assymmetricus* Raab., *Conophyton garganicus varikeni* Raab. et Komar. [Белякова, 1972]. Самые верхние слои свиты, по мнению некоторых исследователей, могут относиться уже к венду. Такое предположение основывается на находках микрофитолитов *Linella sp.* и *Vesicularites*

lobatus Reitl., которые, по заключению В. Е. Забродина, характерны для пограничных слоев венда [Пыстина, 1997].

Мощность мороинской свиты в различных разрезах Приполярного Урала варьируется в интервале 600–1400 м.

Саблегорская свита (RF₃-V₁) сложена преимущественно метаэффузивами основного состава. Отмечаются также вулканогенные образования среднего и кислого ряда и терригенные отложения: парасланцы хлорит-мусковит-альбит-кварцевого состава, метаалевропесчаники, метапесчаники и метаконгломераты (туфоконгломераты). Нижняя граница свиты проводится по смене терригенно-карбонатного разреза вулканогенным. Сравнение разрезов саблегорской свиты разных районов Приполярного Урала указывает на их большое сходство. Повсеместно в нижней части свиты преобладают основные эффузивы, в средней характерно развитие туфогенных и туфотерригенных осадков, в верхней появляются кислые, преимущественно пирокластические, образования [Пыстина, Пыстин, 2002].

Позднерифейско-ранневендский возраст свиты определяется по ее залеганию на доломитах мороинской свиты, содержащих верхнерифейские строматолиты и микрофитолиты, относящиеся к пограничным слоям венда. Нижняя возрастная граница свиты в соответствии со схемой IV Уральского стратиграфического совещания [Стратиграфические..., 1993] не выходит за пределы криволукского уровня.

Мощность свиты колеблется в широких пределах от 700 до 2000 м.

Лаптопайская свита (V₂) имеет ограниченное распространение. В северном обрамлении няртинского комплекса она, по-видимому, отсутствует. При проведении здесь геологической съемки масштаба 1:50 000 в 1983–1990 гг. вулканогенные образования, относимые ранее к лаптопайскому уровню [Белякова, 1972], были включены в состав саблегорской свиты, а существенно терригенные толщи на основании их согласного залегания под кварцито-песчаниками обеизской свиты нижнего ордовика и других признаков были выделены в качестве базальной алькесвожской толщи (E₃-O₁), знаменующей начало палеозойского этапа осадконакопления на рассматриваемой территории [Пыстина, Пыстин, 2002]. Позднее эти представления были подтверждены при проведении детальных поисково-разведочных работ на золото [Ефанова, 2001].

В южных районах Приполярного Урала в лаптопайскую свиту объединены молассовидные толщи с преобладанием терригенных

грубообломочных пород: конгломератов, гравелитов, песчаников, алевролитов, в которых встречаются прослои филлитовидных сланцев, эффузивов кислого состава и их туфов, туфобрекчий, игнимбритов, основных эффузивов. Галька конгломератов состоит из продуктов размыва подстилающих пород – кварцитов, доломитов, метаморфизованных порфиритов [Белякова, 1972]. Мощность свиты 600–1000 м.

Выше со структурным и метаморфическим несогласиями залегают нижнепалеозойские отложения. Разрез начинается с грубообломочных пород, которые сменяются песчаниками, алевролитами и сланцами, и венчается мощной толщей карбонатных отложений.

Суммируя приведенные выше данные, можно сделать заключение о том, что в схеме стратиграфического расчленения приполярно-уральского докембрия, утвержденной IV Уральским межведомственным стратиграфическим совещанием (рис. 2), и более поздних схемах признается достоверной установленная Л. Т. Беляковой [1972] последовательность в вертикальном разрезе докембрийских стратонтов. Тем не менее вопрос о возрасте отдельных стратиграфических подразделений остается открытым.

Никем не оспаривается представление о том, что глубокометаморфизованные породы няртинского комплекса залегают в основании докембрийского разреза Приполярного Урала, однако их возраст трактуется по-разному: ранний протерозой или ранний рифей. Более надежное палеонтологическое обоснование имеют только верхнерифейско-вендские отложения, начиная с мороинской (санаизской) свиты. Учитывая, что в мороинской свите установлены формы микрофитоцитов и строматолитов, характерные для верхнерифейских отложений, пограничных с вендом, высока степень вероятности, что и нижележащая хобейнская свита также относится к верхнему рифею. Степень обоснования возраста пуйвинской свиты на сегодняшний день следует признать невысокой. В схеме IV Уральского межведомственного стратиграфического совещания [Стратиграфические..., 1993] свита относится к среднему рифею на основании залегания отложений свиты под фаунистически охарактеризованными верхнерифейскими толщами, а также по наличию в породах среднерифейских микрофоссилий. В более поздних схемах, с учетом ненадежности возрастных оценок по микрофоссилиям и ввиду ее литологического сходства с верхнерифейскими толщами более южных районов Урала, она помещена в основании верхнерифейской части разреза. Самым спорным является воп-

рос о возрасте маньхобеинской и щокурьинской свит; по разным оценкам он варьируется от раннего протерозоя до среднего рифея.

Ниже приводятся новые геохронологические и некоторые геологические данные с целью уточнения стратиграфической позиции и возраста отдельных стратонтов в докембрийском разрезе Приполярного Урала.

Уточнение возраста стратифицированных образований докембрия Приполярного Урала

Няртинский метаморфический комплекс. Из приведенных геохронологических данных по няртинскому комплексу вывод о раннепротерозойском возрасте слагающих его пород представляется наиболее предпочтительным. Определенные сомнения в правомерности этой точки зрения появились при получении U-Pb датировок «первично-магматических» цирконов из амфиболовых гнейсов и кварц-мусковитовых сланцев: 1498 и 1509 млн лет [Государственная..., 2001a]. Однако, как отмечалось выше, на самом деле были продатированы не первично-магматические, а метаморфогенные цирконы «мигматитового» типа. Установленный изотопный возраст цирконов, скорее всего, фиксирует время проявления относительно поздних эпизодов эндогенной активизации.

В последнее время нами была предпринята попытка массового U-Pb датирования цирконов из пород няртинского комплекса, а также маньхобеинской, щокурьинской и пуйвинской свит. Исследования проводились U-Pb LA-SF-ICP-MS методом, реализованным на базе одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Element XR и установки для лазерной абляции UP-213 в Аналитическом центре минералого-геохимических и изотопных исследований ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ). Процедура анализа и расчета возраста приводится в статье В. Б. Хубанова с соавторами [2016].

В няртинском комплексе в истоках р. Кожим (рис. 3) была отобрана проба (№ 7) мелкозернистого серого гранат-биотитового гнейса без признаков мигматизации и других вторичных процессов. В монофракции преобладающими оказались цирконы «гранулитового» типа, что явилось большой удачей, т. к. они обычно встречаются в единичных зернах, а преобладающими являются цирконы «мигматитового» типа. Всего было выделено 110 зерен таких цирконов. Их размер изменяется от 80 до 300 мкм. Зерна прозрачные, бледно-розовой окраски. Оптическая зональность отсутствует

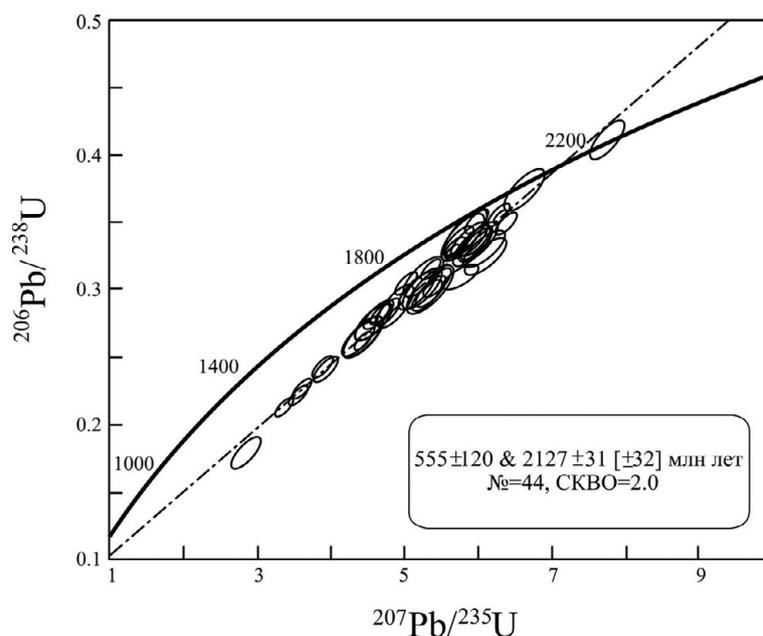


Рис. 5. Диаграмма с конкордией для цирконов «гранулитового» типа из гранат-биотитового гнейса. Няртинский комплекс (проба К-7)

Fig. 5. Concordia diagram for 'granulite'-type zircons from garnet-biotite gneiss. Nyartinsky complex (sample K-7)

или слабо выражена. При анализе на масс-спектрометре выбирались наиболее чистые, не эродированные и не трещиноватые зерна без включений и затемненных участков. Всего было отобрано и исследовано 44 кристалла.

Возраст, вычисленный по верхнему пересечению дискордии с конкордией, 2127 ± 31 млн лет (рис. 5), подтверждает ранее полученную датировку методом термоионной эмиссии свинца (2125 ± 25 млн лет [Пыстина, Пыстин, 2002]) и дает основание с большой степенью уверенности интерпретировать его как время проявления раннего этапа метаморфизма пород няртинского комплекса. Нижний возраст рубез проявления метаморфизма амфиболитовой фации и гранитизации (мигматизации), с которыми мы связываем образование наиболее ранних популяций цирконов мигматитового типа, предварительно может быть оценен по наиболее древней датировке, соответствующей 1950 ± 35 млн лет.

О времени образования протолитов парапород няртинского комплекса можно ориентировочно судить по Pb-Pb датировке детритового циркона: 2210 ± 25 млн лет. Из приведенных выше данных можно лишь констатировать, что рассматриваемый комплекс однозначно относится к дорифейским образованиям.

Маньхобеинская свита. Л. Т. Беякова [1972] при обосновании выделения маньхобеинской свиты раннерифейского возраста

из состава раннепротерозойской николайшорской свиты [по: Фишман, Голдин, 1963] указывала на низкий уровень метаморфизма пород, выделенных в эту свиту, и наличие в ее составе конгломератов и гравелитов.

Нашими предыдущими работами [Пыстин, 1994; Пыстина, Пыстин, 2002; Пыстин, Пыстина, 2014 и др.] было показано, что:

- низкий уровень метаморфизма пород маньхобеинской свиты обусловлен интенсивным проявлением диафореза; среди низкотемпературных метаморфитов присутствуют реликты высокотемпературных минеральных парагенезисов;
- состав реликтовых высокотемпературных минералов (граната и роговой обманки) из пород маньхобеинской свиты близок к составу аналогичных минералов в породах няртинского комплекса;
- обломочная текстура, отмечающаяся в некоторых породах в составе маньхобеинской свиты, имеет вторичный характер и обусловлена процессами катаклаза;
- в породах кислого ряда (гнейсах в няртинском комплексе и слюдисто-альбит-кварцевых диафоритах по гнейсам в маньхобеинской свите) отмечается близкий набор и аналогичные весовые соотношения акцессорных минералов;
- в маньхобеинской свите, как и в породах няртинского комплекса и других нижнедо-

кембрийских комплексах Урала, присутствует метаморфогенный циркон «гранулитового» типа.

Эти данные привели нас к выводу, что маньхобеинская свита была выделена ошибочно на месте развития низкотемпературных диафторитов по тем же породам, которыми сложен няртинский комплекс.

Для U-Pb датирования цирконов была отобрана проба (15) биотит-мусковитового кварцита в истоках р. Хасаварка (правого притока р. Кожим) (рис. 3). В породе резко преобладают цирконы «мигматитового» типа. Они представлены бесцветными и бледно окрашенными розовыми кристаллами призматического габитуса, размером 100–250 мкм. Единичными зернами представлены детритовые цирконы. Цирконы «гранулитового» типа в выделенной монофракции не установлены.

Изотопные датировки были получены по 50 зернам цирконов. Десять возрастных определений с высокой степенью дискордантности ($D \geq 10\%$) были исключены из рассмотрения. Распределение оставшихся сорока датировок цирконов показано на графике (рис. 6, а).

По детритовым цирконам получено два значения возраста: 2631 ± 12 и 2520 ± 11 млн лет. Цирконы «мигматитового» типа показывают большой разброс датировок от 1797 ± 26 до 421 ± 70 млн лет, группирующихся в три возрастных интервала: 1797–1529, 1395–1046 и 768–421 млн лет, которые в целом вполне соотносятся с интервалами датировок аналогичных цирконов в породах няртинского комплекса: 1748–1574, 1284–1204 и 782–634 млн лет. Первый возрастной интервал связан с регрессивными стадиями проявления высокотемпературного метаморфизма и гранитизации, остальные – с наложенными процессами метаморфического и метасоматического преобразования пород.

Схожесть геохронологической истории метаморфизма пород няртинского комплекса и маньхобеинской свиты наряду с другими данными свидетельствует о правомерности гипотезы о том, что маньхобеинская свита как самостоятельное стратиграфическое подразделение выделена ошибочно и является составной частью няртинского комплекса. Полученные датировки по детритовым цирконам не противоречат представлению о раннепротерозойском возрасте отложений, по которым сформировались метаморфические породы.

Щокуринская свита резко отличается по составу от няртинского комплекса и маньхобеинской свиты, поэтому ее выделение в качестве отдельного стратона вполне оправдан-

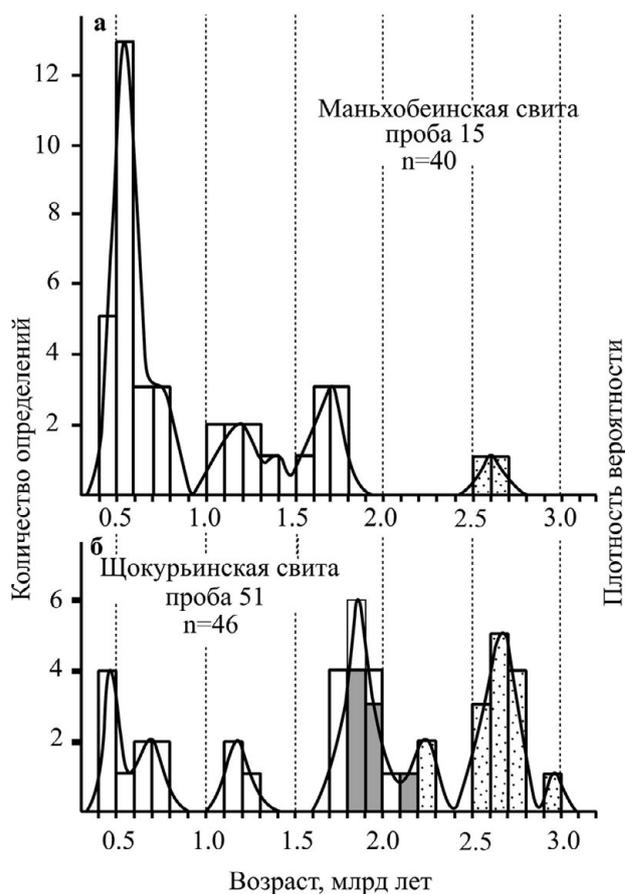


Рис. 6. Гистограммы и графики плотности вероятности распределения $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возрастов цирконов из метатерригенных пород маньхобеинской (а) и щокуринской свит (б).

На гистограмме выделены датировки цирконов: точками – детритовых, серым тоном – гранулитовых, не выделены – мигматитовых

Fig. 6. Histograms and diagrams of probability density of $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages distribution of zircons from metaterigenous rocks of Manhobeyu (a) and Schekurya suites (b).

Zircons dating is given in the histogram: dots show the detrital zircons, grey colour – granulitic, none – migmatitic

но. Однако вопрос о возрасте пород этой свиты остается нерешенным. Наше предположение [Пыстина, Пыстин, 2002; Пыстин, Пыстина, 2014] о том, что щокуринская свита относится к образованиям нижнего (дорифейского) структурного этажа, основывается на следующих данных:

- низкий уровень метаморфизма пород щокуринской свиты, как и маньхобеинской, обусловлен интенсивным проявлением диафтореза; среди низкотемпературных метаморфитов присутствуют реликты высокотемпературных минеральных парагенезисов;
- по составу, весовым соотношениям и морфологическим особенностям аксессуарных минералов метатерригенные породы щоку-

рьянской свиты сопоставимы с аналогичными породами няртинского комплекса;

- в породах щокурьянской свиты, как и в метаморфитах няртинского комплекса и других нижнедокембрийских комплексах Урала, присутствует метаморфогенный циркон «гранулитового» типа.

Для установления возраста отложений щокурьянской свиты и основных возрастных рубежей метаморфического преобразования пород было выполнено изотопно-геохронологическое изучение цирконов из прослая кварцитов (проба 51), залегающих среди карбонатсодержащих слюдистых кристаллических сланцев на правом берегу р. Хасаварка (левого притока р. Кожим) в ее среднем течении (рис. 3). В породе циркон представлен тремя морфотипами. Первый из них составляют детритовые цирконы светло-розового цвета округлой, обычно шаровидной, формы размером 50–250 мкм. Поверхность зерен равномерно шероховатая. Второй морфотип представлен цирконами «гранулитового» типа. Кристаллы размером 50–200 мкм также шаровидные, но с обилием граней и гладкой блестящей поверхностью. Цвет зерен темно-розовый. Оптическая зональность отсутствует. Третий, преобладающий в пробе морфотип – бесцветные и бледно окрашенные розовые призматические цирконы с хорошо выраженной оптической зональностью. Размер зерен по длинной оси 100–300 мкм.

Изотопные датировки были получены по 50 зернам цирконов. Четыре возрастных определения с высокой степенью дискордантности ($D \geq 10\%$) были исключены из рассмотрения. Распределение оставшихся сорока шести датировок цирконов показано на графике (рис. 6, б).

Изотопный возраст детритовых цирконов находится в интервале $2901 \pm 30 - 2221 \pm 40$ млн лет. Основная возрастная популяция цирконов этого морфотипа (2792–2525 млн лет) включает двенадцать датировок. По цирконам «гранулитового» типа максимальное значение возраста (2156 ± 44 млн лет) в пределах погрешности совпадает с изотопным U-Pb возрастом «гранулитовых» цирконов из гнейсов няртинского комплекса (2127 ± 31 млн лет). Более молодые возрастные значения, полученные для цирконов «гранулитового» типа (1941–1856 млн лет), обусловлены, по-видимому, нарушением изотопных систем и «омоложением» датировок при повторном метаморфизме и гранитизации, время проявления которых фиксируется возрастными значениями цирконов «мигматитового» типа: 2026–1750, 1234–1159 и 740–410 млн лет.

Приведенные геохронологические данные указывают на раннепротерозойский возраст

ранних этапов метаморфизма пород щокурьянской свиты. Верхний возрастной рубеж формирования терригенно-карбонатного субстрата свиты, скорее всего, следует ограничить минимальным возрастом основной популяции терригенных цирконов (около 2,5 млрд лет), т. к. единичные более молодые датировки могут быть следствием их «омоложения» в связи с частичным нарушением изотопных систем в цирконах в условиях полиметаморфизма.

Пуйвинская свита. Учитывая приведенные выше данные о раннепротерозойском возрасте метаморфизованных толщ, выделяемых в маньхобеинскую и щокурьянскую свиты, пуйвинская свита приобретает статус базального стратона для приполярноуральского верхнего докембрия, как это в свое время считали М. В. Фишман и Б. А. Голдин [1963]. В схеме IV Уральского стратиграфического совещания [Стратиграфические..., 1993] свита отнесена к среднему рифею. Однако, как уже отмечалось выше, степень обоснования возраста пород свиты на сегодняшний день следует признать невысокой. Ее среднерифейский возраст принимается на основании залегания отложений под фаунистически охарактеризованными верхнерифейскими толщами, а также по наличию в породах среднерифейских микрофоссилий. При издании листа Q-40, 41 Государственной карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 [Государственная..., 2001б] на основании литологического сходства пуйвинской свиты с вёлсовской свитой Северного Урала, одинаковой формационной принадлежности вулканогенных пород в составе этих свит и других данных при ненадежности датировки по микрофоссилиям она была отнесена к верхнему рифею.

Для уточнения временных границ формирования пуйвинской свиты были выполнены изотопные исследования детритовых цирконов. Проба (№ 21) для выделения цирконов была отобрана на правом берегу руч. Николайшор (левого притока р. Кожим) в его среднем течении из нижней части разреза пуйвинской свиты (рис. 3). Разрез в этой части распространения свиты сложен серыми среднезернистыми хлорит-мусковит-альбит-кварцевыми сланцами. В отобранной пробе цирконы представлены хорошо окатанными зернами шаровидной и эллипсоидной формы, окрашенными в дымчатые и коричневато-кремовые тона. Размер зерен 0,10–0,25 мм, поверхность равномерно шероховатая. Было проанализировано 111 зерен цирконов, выбранных случайным образом. 17 анализов с высокой дискордантностью ($D \geq 10\%$) были исключены из рассмотрения.

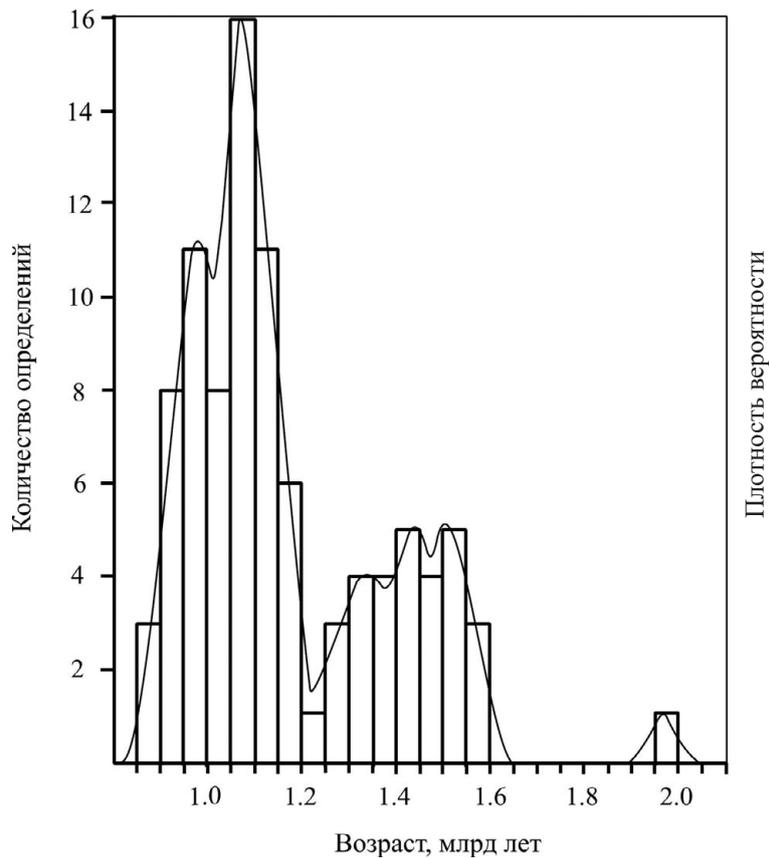


Рис. 7. Гистограмма распределения и график плотности вероятности $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возрастов детритовых цирконов из терригенных отложений пуйвинской свиты (проба 21)

Fig. 7. Distribution histogram and relative probability graph for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages of detrital zircons from Puyvinskaya suite terrigenous sediments (sample 21)

Распределение оставшихся 94 датировок цирконов показано на графике (рис. 7).

Циркон с максимальной датировкой имеет раннепротерозойский возраст – 1959 ± 52 млн лет, с минимальной – позднерифейский – 867 ± 71 млн лет. Основная выборка возрастов, включающая 93 анализа (или 99 %), охватывает интервал 1579–867 млн лет и имеет бимодальный характер распределения. Датировки группируются в две возрастные популяции: 1179–867 (67 % анализов) и 1579–1274 (30 %) млн лет. Установленные минимальные значения датировок детритовых цирконов (867 ± 71 , 889 ± 55 , 892 ± 86 , 907 ± 54 , 909 ± 46 , 910 ± 77 млн лет) указывают на то, что формирование отложений пуйвинской свиты завершилось не раньше 900 млн лет назад. Незначительная мощность и фрагментарное развитие нижележащих пород ошизской толщи пуйвинской свиты при существенной доле в общей выборке цирконов с позднерифейскими датировками (22 определения, или 23 %) дают основание для утверждения, что нижняя воз-

растная граница базальных отложений верхнего докембрия (пуйвинской свиты) на Приполярном Урале не выходит за пределы верхнего рифея. Следовательно, выполненное U-Pb датирование детритовых цирконов пуйвинской свиты Приполярного Урала указывает на ошибочность выделения ее в качестве среднерифейского стратона.

Хобеинская свита. Биостратиграфическое обоснование возраста хобеинской свиты отсутствует. Однако достоверно установленное залегание свиты на пуйвинских отложениях и ее перекрытие фаунистически охарактеризованными образованиями мороинской свиты позволяет с высокой степенью вероятности отнести ее к верхам верхнего рифея. Нами ранее были получены и опубликованы Pb-Pb изохронные датировки детритовых цирконов из мусковит-хлорит-альбит-кварцевых сланцев хобеинской свиты [Пыстина, 1997]. Цирконы темно- и светло-розовые, шаровидные, хорошо окатанные. Размер зерен 80–270 мкм. Их изотопный возраст: 1515 ± 35 ; 1500 ± 100 ; $1485 \pm 0,3$;

1445 ± 20; 1420 ± 20; 1355 ± 40; 1320 ± 30; 1270 ± 35 млн лет. Обращает на себя внимание, что возрастной интервал хобеинских цирконов хорошо соотносится с древней популяцией детритовых цирконов из пород пуйвинской свиты (1579–1274 млн лет). В то же время в хобеинской свите отсутствуют преобладающие в пуйвинских отложениях цирконы в интервале возрастов 1179–867 млн лет. Это, вероятно, связано с тем, что формирование хобеинской свиты в сравнении с пуйвинской происходило в условиях более высокой степени эродированности области сноса терригенного материала.

Мороинская свита по палеонтологическим данным относится к верхнему рифею. В схеме IV Уральского стратиграфического совещания [Стратиграфические..., 1993] она коррелируется с надзильмердакским разрезом Башкирского антиклинория, включая в верхней ее части укский уровень. Выше было отмечено, что палеонтологические данные допускают также возможность отнесения самых верхних слоев свиты к венду. Полученные нами результаты датирования детритовых цирконов низов пуйвинской свиты (минимальные возрасты около 900 млн лет) дают основание для корректировки нижнего возрастного рубежа мороинской свиты. Учитывая, что почти весь разрез подстилающих верхнерифейских отложений, а именно доошизской части пуйвинской и залегающей выше хобеинской свит (не менее 2000 м) сформировался позднее 900 млн лет назад, нижняя возрастная граница мороинской свиты, скорее всего, не выходит за пределы верхней (миньярской) части каратауского уровня. Для оценки верхнего возрастного рубежа формирования мороинской свиты можно воспользоваться геохронологическими данными по интрузивным породам, прорывающим эти отложения. Преобладающие U-Pb (SHRIMP-II) датировки цирконов из гранитоидов разных массивов, имеющих активные контакты с мороинской свитой, около 600 млн лет [Пыстин, Пыстина, 2008]. Более древний возраст цирконов получен из кварцевых диоритов Лапчавожского массива – 632 ± 5 млн лет (Pb-Pb метод [Соболева, 2004]). Имеется также Pb-Pb датировка циркона из андезидацитов саблегорской свиты, перекрывающей мороинские отложения – 695 ± 19 млн лет [Соболева, Андреичев, 1997]. С учетом этих данных наиболее предпочтительным является предположение, что возрастной диапазон мороинской свиты следует ограничить миньярским уровнем и, возможно, частью укского.

Саблегорская свита. Для оценки возрастного диапазона саблегорской свиты воспользуемся приведенными выше Pb-Pb-возрастными

определениями цирконов из кварцевых диоритов Лапчавожского массива (632 ± 5 млн лет) и вмещающих их вулканитов – андезидацитов (695 ± 19 млн лет). Кроме того, имеется Pb-Pb-изотопная датировка циркона из риолитов к северу от Малдинского гранитного массива – 584 ± 9 млн лет [Червяковский и др., 2000]. Эти данные дают основание предполагать, что рифейская часть разреза свиты не ограничивается криволукским уровнем, как это показано на схеме IV Уральского стратиграфического совещания (рис. 2), а включает и часть укского уровня, нижний возрастной рубеж которого около 700 млн лет. Однако это предположение, основанное лишь на Pb-Pb датировках цирконов, требует дополнительного обоснования. Верхний возрастной рубеж свиты, судя по датировке кварцевого диорита (632 ± 5 млн лет), не выходит за пределы раннего венда.

Лаптопайская свита. Возраст лаптопайской свиты, сложенной молассами, имеет особое значение в связи с обострившимся в последнее время вопросом о времени закрытия позднедокембрийского (Печорского) океана и проявления тиманской коллизии. Н. Б. Кузнецов и его коллеги [Kuznetsov et al., 2014] на основании данных U-Pb датирования обломочных цирконов из верхнедокембрийских толщ различных районов Тиманской окраины Балтики время становления коллизионного орогена Тиманид определяют интервалом 540–510 млн лет. Эти цифры не согласуются с тем, что фаунистически охарактеризованные молассы в Тиманидах более южных районов Урала имеют поздневендский возраст [Стратиграфические..., 1993]. По положению в разрезе, формационной принадлежности (моласса) и другим признакам лаптопайская свита параллелизуется с верхневендскими сывицкой и ашинской сериями Среднего и Южного Урала [Государственная..., 2001б]. Время проявления тиманской коллизии и начало формирования лаптопайских отложений, по-видимому, наиболее точно отражают поздневендские датировки, полученные по гранитоидам фундамента Печорской плиты, – 597–587 млн лет [Глубинное..., 2011], согласующиеся с U-Pb возрастом (SHRIMP-II) цирконов из гранитов сальнеро-маньхамбовского комплекса Приполярного Урала – 601–578 млн лет [Пыстин, Пыстина, 2008]. Более молодые возрасты цирконов в гранитоидах могут быть связаны, с одной стороны, с «омолаживающим» влиянием более поздних процессов метаморфизма и, с другой, с проявлением эпиконтинентального рифтогенного магматизма, предшествовавшего раскрытию Палеоуральского океана.

Заключение

Имеющиеся и полученные вновь данные по геологическому строению и возрасту стратифицированных образований докембрия Приполярного Урала свидетельствуют, что обнажающиеся на поверхности глубокометаморфизованные первично-осадочные породы кристаллического фундамента в этом районе относятся к нижнему протерозою. Верхнепротерозойский разрез представлен слабометаморфизованными образованиями. Особенностью изученного района развития тимано-уральского докембрия в сравнении с Башкирским антиклинорием на Южном Урале, где известен полный разрез верхнего протерозоя, является то, что здесь отсутствуют ниже- и среднерифейские отложения.

Уточненная схема стратиграфии докембрия Приполярного Урала выглядит следующим образом.

Видимый разрез докембрия в его нижней части сложен глубокометаморфизованными (в разной степени диафорированными) породами, первично-осадочный субстрат которых сформировался в раннем протерозое. Породы претерпели метаморфизм около 2,1 млрд лет тому назад, а позднее испытали несколько этапов диафореза. По литологическим особенностям в разрезе нижнего протерозоя выделяется два комплекса. Нижний из них представлен няртинским комплексом и маньхобеинской свитой. При этом маньхобеинская свита не является самостоятельным стратоном, а представлена диафорированными и катаклазированными разностями пород, аналогичных тем, которыми сложен няртинский комплекс. Учитывая, что няртинский комплекс и маньхобеинская свита были выделены Л. Т. Беляковой [1972] на месте николайшорской свиты, по М. В. Фишману и Б. А. Голдину [1963], за нижним метаморфическим комплексом следует оставить более раннее название «николайшорский». Верхний комплекс составляет щокурьинская свита, которую следует перевести в ранг метаморфического комплекса, учитывая, что он сложен многократно метаморфизованными и сложнодислоцированными породами без четких признаков стратификации.

В основании верхнедокембрийского разреза с глубоким стратиграфическим, структурным и метаморфическим несогласием залегает верхнерифейская пуйвинская свита с базальной ошизской толщей, сложенной конгломератами, гравелитами и кварцито-песчаниками. Возрастной диапазон свиты соответствует возрасту нижней (доинзерской) час-

ти каратауского стратона. Хобеинская свита, о возрасте которой можно судить только по ее положению в разрезе, скорее всего, является возрастным аналогом инзерской свиты Башкирского антиклинория. Возрастной диапазон мороинской свиты соответствует верхней (миньярской) части каратауского и нижней части укского уровней, а залегающей выше саблегорской свиты – верхней части укского уровня, всему объему кривоукского и нижнему венду. Возраст лаптопайской свиты – поздневендский, возможно, с выходом в ранний кембрий. Стратиграфическая последовательность свит и их взаимоотношения показаны на рис. 8.

Подразделения стратиграфической шкалы				Региональные стратоны	Стратиграфические подразделения			
Акротема	Эонотема	Эрагема	Система					
Протерозой	Верхний Рифей	RF ₃	Венд	V ₂	Ашинский	Лаптопайская свита		
				V ₁	Серебрянский	Саблегорская свита		
			Каратауский	RF ₂	RF ₁		Кривоукский	Мороинская свита
							Укский	
							Миньярский	Хобеинская свита
							Инзерский	
							Кагавский	
							Зильмердакский	Пуйвинская свита
			Нижний					Щокурьинский комплекс
								Николайшорский комплекс
								?

Рис. 8. Предлагаемая схема стратиграфии докембрийских образований Приполярного Урала. Региональные стратоны по: [Стратиграфические..., 1993]

Fig. 8. Suggested stratigraphic scheme of the Precambrian bodies of the Nether-Polar Urals. Regional stratigraphic units are given after: [Stratigraphic ..., 1993]

Полученные данные о стратиграфической последовательности докембрийских образований Приполярного Урала и их возрастных ограничениях находят подтверждение в новых фактических материалах по докембрию других районов Тимано-Североуральского региона. Так, на северо-западе Тимано-Канинской гряды (на п-ове Канин) – еще одном кроме Приполярного Урала районе Тимано-Североуральского региона, где ранее выделялись нижнерифейские отложения (микулкинская серия), – на основании геолого-структурных и геохронологических данных было установлено, что они относятся не к нижнему рифею, а к нижнему докембрию, возраст раннего этапа метаморфизма пород 1994 ± 30 млн лет [Пыстин, Пыстина, 2006]. Что касается среднерифейских отложений, то они в современных стратиграфических схемах и геологических картах выделяются во многих районах Тимана и севера Урала. Однако все предпринимавшиеся в последние годы попытки датирования детритовых цирконов из верхнедокембрийских терригенных толщ на Тиманской окраине Балтики, которые по современным представлениям могут принадлежать к среднерифейскому разрезу, показали, что нижний возрастной предел формирования вмещающих цирконы осадков соответствует значению около 1 млрд лет [Кузнецов и др., 2010; Андреичев и др., 2014, 2018; Уляшева и др., 2017; Удоратина и др., 2017; Брусницина и др., 2018 и др.]. Следовательно, эти отложения, как и пуйвинская свита Приполярного Урала, относятся не к среднему, а к верхнему рифею или более молодым образованиям.

Таким образом, в течение всего раннего рифея и большей части или всего среднего рифея северо-восточная окраина Балтики была вне зоны морского осадконакопления. То есть время заложения Тиманской континентальной окраины близко к рубежу среднего и верхнего рифея. Это может быть связано с тем, что рассматриваемая территория в раннем протерозое находилась во внутренней части суперконтинента Колумбия (Нуна), избежала деструкции в раннем рифее и стала подвергаться процессам разрушения только на рубеже среднего и позднего рифея и более масштабно – в конце рифея, т. е. с распадом Родинии.

Исследования проведены в рамках НИР ИГ Коми НЦ УрО РАН ГР № АААА-А17-117121270035-0 и при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 18-5-5-19.

Литература

- Андреичев В. Л., Соболева А. А., Герелс Дж. U-Pb возраст и источники сноса обломочных цирконов из верхнедокембрийских отложений Северного Тимана // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22, № 2. С. 32–45. doi: 10.7868/S0869592X14020021
- Андреичев В. Л., Соболева А. А., Хубанов В. Б., Соболев И. Д. U-Pb (LA-ICP-MS) возраст детритовых цирконов из метаосадочных пород основания верхнедокембрийского разреза Северного Тимана // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. Геол. 2018. Т. 93, вып. 2. С. 14–26.
- Белякова Л. Т. Геосинклинальный рифей севера Урала: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. М., 1972. 26 с.
- Брусницына Е. Б., Ершова В. Б., Худолей А. К., Андерсен Т. Результаты исследований U-Pb изотопного возраста обломочных цирконов из средне-верхнерифейских отложений Четласского камня Тиманской гряды // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии: Материалы 50-го Тектонического совещания. М.: Геос, 2018. С. 384–388.
- Вологдин А. Г. К открытию остатков протерозойских водорослей на Дальнем Востоке и на Урале // Докл. АН СССР. 1967. Т. 175, № 4. С. 926–928.
- Глубинное строение Тимано-Североуральского региона / Отв. редактор А. М. Пыстин. Сыктывкар: Геопринт, 2011. 261 с.
- Геохимия древних толщ севера Урала. Сыктывкар: Геопринт, 2002. 333 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Североуральская. Лист Q-41-XXV. Объяснительная записка. СПб.: Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2001а. 210 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000. Лист Q-40, 41 – Воркута. Объяснительная записка. СПб.: Картограф. ф-ка ВСЕГЕИ, 2001б. 342 с.
- Докембрий континентов / Под ред. К. В. Боголепова, О. А. Вотих. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.
- Ефанова Л. И. Алькесвожская толща на севере Урала: стратиграфия, литология, металлогенность. Сыктывкар: Геопринт, 2001. 24 с.
- Краснобаев А. А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 152 с.
- Кузнецов Н. Б., Натапов Л. М., Белоусова Е. А., Гриффин У. Л., О'Рейли С., Куликова К. В., Соболева А. А., Удоратина О. В. Первые результаты U/Pb-датирования и изотопно-геохимического изучения детритных цирконов из позднедокембрийских песчаников Южного Тимана (увал Джежим-Парма) // ДАН. 2010. Т. 435, № 6. С. 798–805.
- Львов К. А. Стратиграфия протерозоя и нижнего палеозоя Приполярного Урала // Тр. Геол. ин-та АН СССР. 1959. Вып. 35. С. 51–73.
- Литосфера Тимано-Североуральского региона: геологическое строение, вещество, геодинамика, минерагения / Отв. ред. А. М. Пыстин, Л. В. Махлаев, А. И. Антошкина и др. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 234 с.

Пучков В. Н., Карстен Л. А. Раннепротерозойские метаморфические комплексы Приполярного Урала // Ежегодник-1985 Института геологии и геохимии. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 25–27.

Пыстин А. М. Карта метаморфизма Приполярного и южной части Полярного Урала // Сер. препринтов «Научные доклады». Коми НЦ УрО АН СССР. Сыктывкар, 1991. 20 с.

Пыстин А. М. Полиметаморфические комплексы западного склона Урала. СПб.: Наука, 1994. 208 с.

Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Структура, метаморфизм и возраст докембрийских образований полуострова Канин и Северного Тимана // Проблемы геологии и минералогии. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 176–195.

Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Метаморфизм и гранитообразование в протерозойско-раннепалеозойской истории формирования Приполярноуральского сегмента земной коры // Литосфера. 2008. № 6. С. 25–38.

Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Базальные отложения верхнего докембрия в Тимано-Североуральском регионе // Литосфера. 2014. № 3. С. 41–50.

Пыстина Ю. И. Минералогическая стратиграфия метаморфических образований Приполярного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 124 с.

Пыстина Ю. И., Пыстин А. М. Цирконовая летопись уральского докембрия. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 167 с.

Пыстина Ю. И., Пыстин А. М. Новые данные о палеопротерозойском возрасте метаморфизма пород няртинского комплекса (Приполярный Урал) // Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Сыктывкар: Геопринт, 2017. С. 181–183.

Соболева А. А. Вулканы и ассоциирующие с ними гранитоиды Приполярного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 147 с.

Соболева А. А., Андреевичев В. Л. Вулкано-плутоническая ассоциация габбро-тоналит-гранодиорит-гранитного состава на Приполярном Урале // Гранитоидные вулкан-плутонические ассоциации. Сыктывкар: Геопринт, 1997. С. 38–39.

Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: Уралгеолком, 1993. 152 с.

Удоратина О. В., Бурцев И. Н., Никулова Н. Ю., Хубанов В. Б. Возраст метапесчаников верхнедо-

кембрийской четласской серии среднего Тимана на основании U-Pb датирования детритных цирконов // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. 2017. Т. 92, вып. 5. С. 15–32.

Уляшева Н. С., Пыстин А. М., Пыстина Ю. И., Гракова О. В., Хубанов В. Б. U-Pb LA-SF-ICP-MS датирование цирконов из верхнепротерозойских отложений Полярного Урала // Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления: Материалы Всерос. науч. конф. Сыктывкар: Геопринт, 2017. С. 223–224.

Фишман М. В., Голдин Б. А. Гранитоиды центральной части Приполярного Урала. Л.: Наука, 1963. 105 с.

Хубанов В. Б., Буянтуев М. Д., Цыганков А. А. U-Pb изотопное датирование цирконов из PZ₃-MZ магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным проботбором: процедура определения и сопоставление с SHRIMP данными // Геология и геофизика. 2016. Т. 57, № 1. С. 241–258. doi: 10.15372/GIG20160113

Червяковский С. Г., Ронкин Ю. Л., Лепихина О. П., Волчек Е. Н. Rb-Sr изотопное датирование кислых вулканитов хребта Малдындырд // Петрография на рубеже XXI века. Итоги и перспективы: Второе Всерос. петрограф. совещание. Т. IV. Сыктывкар: Геопринт, 2000. С. 215–217.

Kuznetsov N. B., Belousova E. A., Alekseev A. S., Romanyuk T. V. New data on detrital zircons from the sandstones of the lower Cambrian Brusol Formation (White Sea region, East-European Craton): unraveling the timing of the onset of the Arctica – Baltica collision // Int. Geol. Rev. 2014. Vol. 56, no. 16. P. 1945–1963. doi: 10.1080/00206814.2014.977968

Peucat J. J., Bernard-Griffiths J., Gil Ibarguchi J. I., Dallmeyer R. D., Menot R. P., Cornichet J., Iglesias Ponce de Leon M. Geochemical and Geochronological cross-section of the deep Variscan crust: The Cabo Ortegal high-pressure nappe (northwestern Spain) // Tectonophysics. 1990. Vol. 110. P. 463–472.

Pystin A., Pystina J. The early Precambrian history of rock metamorphism in the Urals segment of crust // Int. Geol. Review. 2015. Vol. 57, iss. 11–12. P. 1650–1659. doi: 10.1080/00206814.2014.991767

Поступила в редакцию 03.09.2018

References

Andreichev V. L., Soboleva A. A., Gerels J. U-Pb dating and provenance of detrital zircons from the Upper Precambrian deposits of North Timan. *Stratigraphy. Geol. Correlation*. 2014. Vol. 22, no. 2. P. 147–159. doi: 10.1134/S0869593814020026

Andreichev V. L., Soboleva A. A., Khubanov V. B., Sobolev I. D. U-Pb (LA-ICP-MS) возраст детритных цирконов из метаосадочных пород основаниа верхнедокембрийского разреза Северного Тимана [U-Pb (LA-ICP-MS) age of detrital zircons from meta-sedimentary rocks of the Upper Precambrian section of Northern Timan]. *Bul. Moscow Society of Na-*

turalists. Geol. Series. 2018. Vol. 93, iss. 2. P. 14–26.

Belyakova L. T. Geosinklinal'nyi rifei severa Urala [Geosynclinal Riphean of the north of the Urals]: Summary of PhD (Cand. of Geol.-Miner.) thesis. Moscow, 1972. 26 p.

Brusnitsyna E. B., Ershova V. B., Khudoley A. K., Andersen T. Rezul'taty issledovaniy U-Pb izotopnogo vozrasta oblomochnykh tsirkonov iz sredne-verkhnerifeiskikh otlozhenii Chetlasskogo kamnya Timanskoi gryady [Results of studies of U-Pb isotope age of detrital zircons from the Middle-Upper Riphean deposits of the Chetlas

Stone of the Timan Ridge]. *Probl. tektoniki i geodinamiki zemnoi kory i mantii: Mat. 50-go Tektonicheskogo soveshch.* [Probl. of tectonics and geodynamics of the Earth's crust and mantle. Proceed. 50th Tectonic Meeting]. Moscow: Geos, 2018. P. 384–388.

Chervyakovskii S. G., Ronkin Yu. L., Lepikhina O. P., Volchek E. N. Rb-Sr izotopnoe datirovanie kislykh vulkanitov khrebtta Maldynyrd [Rb-Sr isotope dating of acid volcanics of the Maldynyrd ridge]. Petrografiya na rubezhe XXI veka. Itogi i perspektivy: Vtoroe Vseros. petrograf. soveshch. [Petrography at the turn of the 21st century. Results and prospects. 2nd All-Russ. Petrographic Meeting]. Syktyvkar: Geoprint, 2000. Vol. IV. P. 215–217.

Dokembrii kontinentov [Continents in the Precambrian]. Novosibirsk: Nauka, 1978. 320 p.

Efanova L. I. Al'kesvozhszkaya tolshcha na severe Urala: stratigrafiya, litologiya, metallonosnost' [Al'kesvosh strata in the north of the Urals: stratigraphy, lithology, metal content]. Syktyvkar: Geoprint, 2001. 24 p.

Fishman M. V., Goldin B. A. Granitoidy tsentral'noi chasti Pripolyarnogo Urala [Granitoids of the central part of the Subpolar Urals]. Leningrad: Nauka, 1963. 105 p.

Geokhimiya drevnikh tolshch severa Urala [Geochemistry of the ancient strata of the north of the Urals]. Syktyvkar: Geoprint, 2002. 333 p.

Glubinnoe stroenie Timano-Severoural'skogo regiona [The deep structure of the Timan-Northern Ural region]. Syktyvkar: Geoprint, 2011. 261 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:200 000. Seriya Severo-Ural'skaya. List Q-41-XXV. Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 200 000. Series North-Urals. Sheet Q-41-XXV. Explanatory note]. St. Petersburg: VSEGEI, 2001a. 210 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1 000 000. List Q-40, 41 – Vorkuta. Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000. Sheet Q-40, 41 – Vorkuta. Explanatory note]. St. Petersburg: VSEGEI, 2001b. 342 p.

Khubanov V. B., Buyantuev M. D., Tsygankov A. A. U-Pb izotopnoe datirovanie tsirkonov iz PZ3-MZ magmaticheskikh kompleksov Zabaikal'ya metodom magnitno-sekturnoi mass-spektrometrii s lazernym probotborom: protsedura opredeleniya i sopostavleniye s SHRIMP dannymi [U-Pb isotope dating of zircons from PZ₃-MZ magmatic complexes of the Transbaikalian region using the method of magnetic-sector mass spectrometry with a slice sampling: the procedure of determination and comparison with SHRIMP data]. *Geol. i geofizika* [Geol. and Geophysics]. 2016. Vol. 57, no. 1. P. 241–258. doi: 10.15372/GiG20160113

KrasnobaeV A. A. Tsirkon kak indikator geologicheskikh protsessov [Zircon as an indicator of geological processes]. Moscow: Nauka, 1986. 152 p.

Kuznetsov N. B., Natapov L. M., Belousova E. A., Griffin U. L., O'Reilly S., Kulikova K. V., Soboleva A. A., Udoratina O. V. Pervye rezul'taty U/Pb-datirovaniya i izotopno-geokhimicheskogo izucheniya detritnykh tsirkonov iz pozdnedokembriiskikh peschanikov Yuzhnogo Timana (uval Dzhhezhim-Parma) [The first results of U-Pb-dating and isotopic-geochemical study of detrital zir-

cons from the Late Precambrian sandstones of Southern Timan (Jemim-Parma Jail)]. *DAN* [Proceed. RAS]. 2010. P. 435, no. 6. P. 798–805.

L'vov K. A. Stratigrafiya proterozoya i nizhnego paleozoya Pripolyarnogo Urala [Stratigraphy of the Proterozoic and Lower Paleozoic of the Subpolar Urals]. *Tr. Geol. in-ta AN SSSR* [Proceed. Geol. Inst., AS USSR]. 1959. Iss. 35. P. 51–73.

Litosfera Timano-Severoural'skogo regiona: geologicheskoye stroeniye, veshchestvo, geodinamika, minerageniya [Lithosphere of the Timan-Northern Ural region: geological structure, substance, geodynamics, minerageny]. Syktyvkar: Geoprint, 2008. 234 p.

Puchkov V. N., Karsten L. A. Ranneproterozoiskie metamorficheskie komplekxy Pripolyarnogo Urala [Early Proterozoic metamorphic complexes of the Subpolar Urals]. Yearbook-1985 of the Institute of Geology and Geochemistry. Sverdlovsk: UC AS USSR, 1986. P. 25–27.

Pystin A. M. Karta metamorfizma Pripolyarnogo i yuzhnoi chasti Polyarnogo Urala [Map of metamorphism of the Subpolar and southern part of the Polar Urals]. *Ser. preprintov "Nauchnye doklady"*. [Scientific reports: a series of preprints]. Syktyvkar: Komi SC UB RAS, 1991. 20 p.

Pystin A. M. Polimetamorficheskie komplekxy zapadnogo sklona Urala [Polymetamorphic complexes of the western slope of the Urals]. St. Petersburg: Nauka, 1994. 208 p.

Pystin A. M., Pystina Yu. I. Struktura, metamorfizm i vozrast dokembriiskikh obrazovaniy poluostrova Kanin i Severnogo Timana [Structure, metamorphism and age of Precambrian formations of the Kanin Peninsula and Northern Timan]. *Probl. geol. i mineral.* [Probl. of Geol. and Mineralogy]. Syktyvkar: Geoprint, 2006. P. 176–195.

Pystin A. M., Pystina Yu. I. Metamorfizm i granitobrazovanie v proterozoisko-rannepaleozoiskoi istorii formirovaniya Pripolyarnoural'skogo segmenta zemnoi kory [Metamorphism and granite formation in the Proterozoic-Early Paleozoic history of the formation of the Subpolar Ural segment of the earth's crust]. *Litosfera* [Lithosphere]. 2008. No. 6. P. 25–38.

Pystin A. M., Pystina Yu. I. Bazal'nye otlozheniya verkhnego dokembriya v Timano-Severoural'skom regione [Basal deposits of the Upper Precambrian in the Timan-Northern Ural regione]. *Litosfera* [Lithosphere]. 2014. No. 3. P. 41–50.

Pystina Yu. I. Mineralogicheskaya stratigrafiya metamorficheskikh obrazovaniy Pripolyarnogo Urala [Mineralogical stratigraphy of metamorphic formations of the Subpolar Urals]. Ekaterinburg: UrB RAS, 1997. 124 p.

Pystina Yu. I., Pystin A. M. Tsirkonovaya letopis' ural'skogo dokembriya [Zircon chronicle of the Ural Precambrian]. Ekaterinburg: UrB RAS, 2002. 167 p.

Pystina Yu. I., Pystin A. M. Novyye dannyye o paleoproterozoyskom vozraste metamorfizma porod nyartinskogo kompleksa (Pripolyarnyy Ural) [New data on the paleoproterozoic age of metamorphism of the rocks of the Nyartinsky complex (Subpolar Urals)]. *Geodinamika, veshchestvo, rudogenez Vostochno-Evropeiskoi platformy i ee skladchatogo obramleniya*

[Geodynamics, matter, oreogenesis of the Eastern-European platform and its folded frame: Proceedings of the Sci. Conf.]. Syktyvkar: Geoprint, 2017. P. 181–183.

Soboleva A. A. Vulkanity i assotsiiruyushchie s nimi granitoidy Pripolyarnogo Urala [Vulcanites and the associated granitoids of the Subpolar Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2004. 147 p.

Soboleva A. A., Andreichev V. L. Vulkanoplutonicheskaya assotsiatsiya gabbro-tonalit-granodiorit-granitnogo sostava na Pripolyarnom Urale [Vulcan-Plutonic association of gabbro-tonalite-granodiorite-granite composition in the Subpolar Urals]. *Granitoidnye vulkano-plutonicheskie assotsiatsii* [Granitoid of volcano-plutonic associations]. Syktyvkar: Geoprint, 1997. P. 38–39.

Stratigraficheskie skhemy Urala (dokembrii, paleozoi) [Stratigraphic diagrams of the Urals (Precambrian, Paleozoic)]. Ekaterinburg: Uralgeolkom, 1993.

Udoratina O. V., Burtsev I. N., Nikulova N. Yu., Khubanov V. B. Voзраст metapeschanikov verkhnedokembriiskoi chetlasskoi serii srednego Timana na osnovanii U-Pb datirovaniya detritnykh tsirkonov [The age of metasandstones of the Upper Precambrian chetlas series of the Middle Timan on the basis of U-Pb dating of detrital zircons]. *Byul. Mosk. ob-va ispytatelei prirody. Otd. geol.* [Bull. Moscow Society of Naturalists. Geol. Series]. 2017. Vol. 92, iss. 5. P. 15–32.

Ulyasheva N. S., Pystin A. M., Pystina Yu. I., Grakova O. V., Khubanov V. B. U-Pb LA-SF-ICP-MS datirovanie tsirkonov iz verkhneproterozoiskikh otlozhenii Polyarnogo Urala [U-Pb LA-SF-ICP-MS dating of zircons

from Upper Proterozoic deposits of the Polar Urals]. *Geodinamika, veshchestvo, rudogenez Vostochno-Evropeiskoi platformy i ee skladchatogo obramleniya: Mat. Vseros. nauch. konf.* [Geodynamics, matter, oreogenesis of the Eastern-European platform and its folded frame. Proceed. Sci. Conf.]. Syktyvkar: Geoprint, 2017. P. 223–224.

Vologdin A. G. K otkrytiyu ostatkov proterozoiskikh vodoroslei na Dal'nem Vostoke i na Urale [On the discovery of the remnants of the Proterozoic algae in the Far East and the Urals] *DAN [Dokl. Earth. Sci.]*. 1967. Vol. 175, no. 4. P. 926–928.

Kuznetsov N. B., Belousova E. A., Alekseev A. S., Romanyuk T. V. New data on detrital zircons from the sandstones of the lower Cambrian Brusol Formation (White Sea region, East-European Craton): unraveling the timing of the onset of the Arctida-Baltica collision. *Int. Geol. Rev.* 2014. Vol. 56, no. 16. P. 1945–1963. doi: 10.1080/00206814.2014.977968

Peucat J. J., Bernard-Griffiths J., Gil Ibarguchi J. I., Dallmeyer R. D., Menot R. P., Cornichet J., Iglesias Ponce de Leon M. Geochemical and Geochronological cross-section of the deep Variscan crust: The Cabo Ortegal high-pressure nappe (northwestern Spain). *Tectonophysics*. 1990. Vol. 110. P. 463–472.

Pystin A. M., Pystina Yu. I. The early Precambrian history of rock metamorphism in the Urals segment of crust. *Int. Geol. Review*. 2015. Vol. 57, iss. 11–12. P. 1650–1659. doi: 10.1080/00206814.2014.991767

Received September 03, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Пыстин Александр Михайлович

главный научный сотрудник, зав. лабораторией,
д. г.-м. н., проф.
Институт геологии Коми научного центра Уральского
отделения РАН
ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, Республика Коми,
Россия, 167982
эл. почта: pystin@geo.komisc.ru
тел.: (8212) 447262, +79087171938

Пыстина Юлия Ивановна

ведущий научный сотрудник, д. г.-м. н.
Институт геологии Коми научного центра Уральского
отделения РАН
ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, Республика Коми,
Россия, 167982
эл. почта: pystina@geo.komisc.ru

CONTRIBUTORS:

Pystin, Alexander

Institute of Geology, Komi Science Centre, Ural Branch,
Russian Academy of Sciences
54 Pervomayskaya St., 167982 Syktyvkar, Komi, Russia
e-mail: pystin@geo.komisc.ru
tel.: (8212) 447262, +79087171938

Pystina, Yulia

Institute of Geology, Komi Science Centre, Ural Branch,
Russian Academy of Sciences
54 Pervomayskaya St., 167982 Syktyvkar, Komi, Russia
e-mail: pystina@geo.komisc.ru