

УДК 551.71/72:552.513.1(234.82)

## ОЦЕНКА НИЖНЕГО ВОЗРАСТНОГО ПРЕДЕЛА НЕОПРОТЕРЗОЙСКОЙ СОКОЛЬНИНСКОЙ СВИТЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПАЙ-ХОЯ НА ОСНОВЕ U-Pb ДАТИРОВАНИЯ ДЕТРИТНЫХ ЦИРКОНОВ

Т.А. Канева<sup>1</sup>, О.В. Удоратина<sup>1</sup>, Е.В. Старикова<sup>2</sup>, В.Б. Хубанов<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

<sup>2</sup> ЗАО «Поляргео», Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ

<sup>4</sup> Бурятский государственный университет, Улан-Удэ

Поступила в редакцию 25.10.15

Приведены результаты U-Pb-изотопного датирования детритных цирконов из песчаников нижнесокольнинской подсвиты северо-западного Пай-Хоя. Установлено, что нижний возрастной предел формирования сокольнинской свиты соответствует окончанию позднего рифея — венду (634–705 млн лет). Песчаники нижнесокольнинской подсвиты образовывались за счет накопления продуктов размыва позднерифейских островодужных магматических пород. Отсутствие окатанности и сортировки материала указывает на близкое расположение источников сноса.

*Ключевые слова:* песчаники, детритные цирконы, поздний рифей, источники сноса.

В последние годы получены новые данные по строению выходов протоуралит-тиманид в Западной мегазоне Полярного Урала — вулканитов и осадочных пород, выделяемых в составе докембрийских разрезов поднятий Енганэ-пэ и Оченырды. По обломочным цирконам установлено, что верхнерифейские и вендские терригенные и терригенно-вулканогенные образования на поднятии Енганэ-пэ формировались субсинхронно вулканогенным комплексам бедамельской серии. В Пайхойском антиклинории докембрийская вулканогенно-осадочная толща, участвующая в строении ядра Амдерминской антиклинальной структуры, весьма сходна по своему составу с комплексом протоуралит-тиманид Западной мегазоны Полярного Урала, и их корреляция является очень актуальной задачей на сегодняшний день.

Изотопное датирование осадочно-вулканогенных толщ на северо-западе Пай-Хоя ранее не проводилось. Возраст амдерминской и морозовской свит определен по онколитам в диапазоне поздний рифей — венд, сокольнинские отложения в верхней части датированы по присутствию вендских акриитарх (Забродин, Шляхова, 1970; Маслов, Шляхова, 1972; Терешко, 1983, 1987, 1990). Комплексы микрофитолитов амдерминской и морозовской свит практически тождественны и охватывают интервал, которым датированы отложения сокольнинской свиты. Относительное положение докембрийских свит в сводном стратиграфическом разрезе Амдерминского поднятия палеонтологически не обосновано и базируется исключительно на общегеологических данных. На основании последних реконструирована историко-геологическая последовательность

формирования отложений островодужного (морозовская свита и нижнесокольнинская подсвита) и орогенного (верхнесокольнинская подсвита) этапов. Позиция карбонатных шельфовых отложений амдерминской свиты в данной последовательности неоднозначна. Принимается, что накопление амдерминских карбонатов предвзяло этап активного вулканизма (Шишкин и др., 2012) или происходило одновременно с ним в тылу Большеземельской активной окраины Арктиды, где и проявлялся этот вулканизм (Кузнецов, 2009).

В настоящее время в рамках геологического доизучения территории Пай-Хоя (ГДП-200, ЗАО «Поляргео», г. Санкт-Петербург) предпринята попытка решить вопрос о возрастных взаимоотношениях верхнедокембрийских стратиграфических подразделений Амдерминского блока на основе их датирования хеостратиграфическими и изотопно-геохронологическими методами. Методы датирования выбраны исходя из петрографических/литологических особенностей пород. Карбонатные отложения амдерминской свиты анализировались методом хеостратиграфического датирования —  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (SIS-корреляция) (Кузнецов, Старикова, 2016), кислые и основные вулканиты из разрезов морозовской свиты и нижнесокольнинской подсвиты исследуются U-Pb методом (SHRIMP II, ЦИИ ВСЕГЕИ) по единичным цирконам, а для терригенных образований из этих разрезов применено U-Pb (LA-ICP-MS) датирование обломочных цирконов. Ниже приводятся первые результаты определения возраста детритных цирконов, выделенных из песчаников сокольнинской свиты.

### Геологическое строение района

На северо-западе Пай-Хоя расположен Амдерминский блок (рис. 1), в ядре которого на дневную поверхность выступает сложно устроенный комплекс пород, относимый к верхнему докембрию и несогласно перекрытый ордовикскими (верхнекембрийско-ордовикскими) отложениями (Кузнецов и др., 2009; Тимонин и др., 2004). Блок представляет собой горст-антиклинорий, северо-восточное крыло которого сложено карбонатными отложениями верхнерифейской амдерминской свиты, а

юго-западное — вулканогенно-осадочными (островодужными) и терригенными (орогенными) комплексами пород верхнерифейской морозовской свиты и относимой к верхнему рифею — венду сокольнинской свиты. Внутреннее строение докембрийского комплекса, обнаженного в пределах Амдерминского блока, осложнено крупным продольным надвигом, проходящим в восточной части блока. По этому надвигу отложения, распространенные в осевой части блока и на его юго-западе надвинуты на породы, слагающие северо-восточную часть Амдерминского блока.

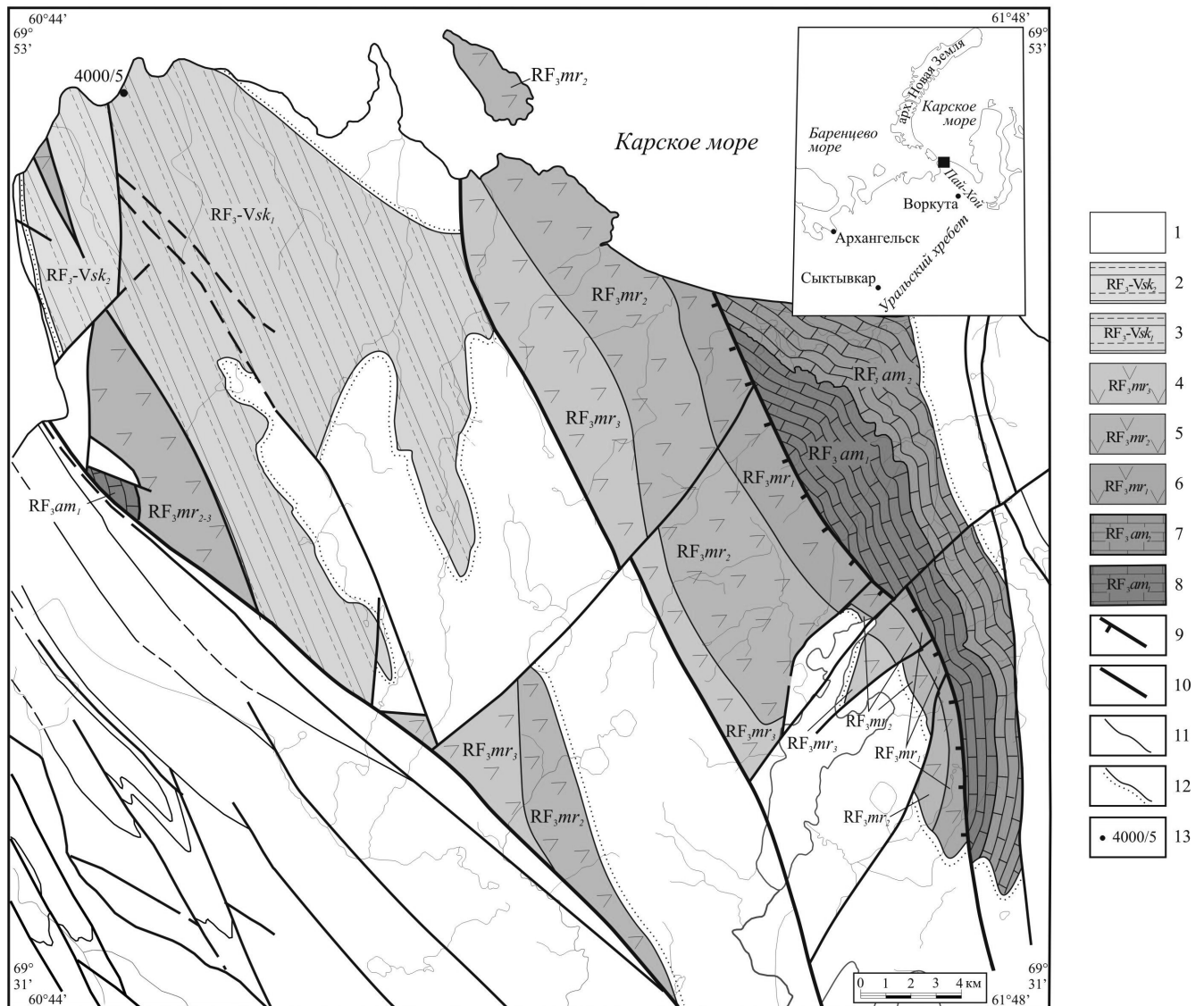


Рис. 1. Схема строения Амдерминского блока, северо-западный Пай-Хой (по материалам ГДП-200 ЗАО «Поляргео», 2015 г.): 1 — палеозойские отложения нерасчлененные; 2 — сокольнинская свита, верхняя подсвита ( $RF_3-Vsk_1$ ): песчано-гравийные, песчано-аргиллитовые флишоиды, песчаники, алевролиты, гравелиты, аргиллиты, прослои туффитов; 3 — сокольнинская свита, нижняя подсвита ( $RF_3-Vsk_2$ ): песчаники, алевролиты, гравелиты, кремнистые сланцы, туфопесчаники, базальты, андезиты, риодациты, риолиты и их туфы, субвулканические образования; 4 — морозовская свита, верхняя подсвита ( $RF_3mr_2$ ): сланцы глинистые, известняки, доломиты, базальты, андезибазальты, андезиты, риодациты, их туфы, туфопесчаники; 5 — морозовская свита, средняя подсвита ( $RF_3mr_2$ ): сланцы по кислым туфам, реже — лавам, туфопесчаникам, вулканомиктовые песчаники, линзы доломитов, редко — прослои базальтов, андезибазальтов, субвулканические и экструзивно-жерловые образования; 6 — морозовская свита, нижняя подсвита ( $RF_3mr_1$ ): сланцы глинистые, кремнистые и углеродистые, известняки, доломиты, известковистые алевролиты и песчаники, полимиктовые конгломераты и гравелиты, туфогравелиты; 7 — амдерминская свита, верхняя подсвита ( $RF_3am_2$ ): кристаллические, микрофитолитовые известняки, редкие линзы кремней; 8 — амдерминская свита, нижняя подсвита ( $RF_3am_1$ ): тонкокристаллические углеродистые известняки; 9 — надвиги; 10 — разрывные нарушения; 11–12 — границы стратиграфических подразделений: 11 — согласные; 12 — несогласные; 13 — точка отбора пробы 4000/5

### Объект и методы исследования

В строении сокольнинской свиты участвуют разнообразнейшие вулканогенно-осадочные и осадочные (терригенные) породы. Она разделяется на две подсвиты: нижнесокольнинскую (вулканогенно-осадочную) и верхнесокольнинскую (ритмично-слоистую, флишоидную, терригенную).

Нижнесокольнинская подсвита характеризуется присутствием обломочных, преимущественно вулканомиктовых пород и вулканитов. Вверх по разрезу отмечается постепенное уменьшение доли вулканитов и изменение их химического состава в сторону доминирования более кислых разновидностей (базальты, андезитобазальты и их туфы в основании; андезиты, дациты и риодациты — в верхней части подсвиты). Вулканомиктовые породы в нижней части подсвиты представлены грубообломочными разновидностями (конгломераты, гравелиты, песчаники), выше они постепенно сменяются средне- и мелкозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов. Мощность подсвиты оценивается в 1200–1500 м. Вулканогенные породы нижнесокольнинской подсвиты формировались, по-видимому, в пределах периферической части островодужного сооружения на завершающей стадии его развития.

Верхнесокольнинская подсвита представлена достаточно однообразной толщей песчано-аргиллитовых (в кровле — преимущественно аргиллитовых) ритмитов с единичными прослоями вулканитов и туфогенно-обломочных пород среднего и кислого состава мощностью более 600 м. Флишеподобный комплекс формировался в бассейне, располагавшемся на склоне «отмирающей» островной дуги, во фронтальной или осевой части которой еще продолжалась вулканическая активность.

Изученная проба (4000/5) отобрана в 2014 г. из выдержанной пачки массивных песчаников мощностью более 30 м, располагающейся близко к кровле нижнесокольнинской подсвиты, в районе устья безымянного ручья, впадающего в Карское море между мысами Ярасаля и Пэхард (координаты  $69^{\circ}50'02,0''$ ,  $60^{\circ}50'23,1''$ ). Пачка, из которой была отобрана проба, сложена преимущественно песчаниками средне-крупнозернистыми коричневатосерого цвета с тонкими прослоями (до 10 см) и линзами темно-серых алевролитов и редкими прослоями (до 1 м) мелкозернистых зеленоватосерых туфопесчаников.

Из пробы по стандартной методике (дробление вручную в чугунной ступке, разделение на фракции, бромформирование) выделена монофракция циркона и интегрирована в эпоксидную шашку. Изучение цирконов в режиме отраженных электронов было проведено в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар) на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA3 LMH с энерго-дисперсионной приставкой X-MAX Oxford instruments. Исследования в режиме катодоллюминесценции выполнены на электронном микро-

скопе «LEO1450», оснащенном катодоллюминесцентной приставкой «PANA CL» в ГИ КНЦ РАН (г. Апатиты). Определение U-Pb изотопного возраста цирконов проведено с помощью лазерной абляции UP-213 (NewWave Research) и одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Element XR (Thermo Science) (LA-ICP-FS-MS метод) в лаборатории физических методов анализа ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ). Методика измерения, обработка масс-спектрометрического сигнала, расчет изотопных отношений и возраста изложены в работе (Хубанов и др., 2016). Применялось лазерное излучение с частотой импульсов 10 Гц, плотностью потока энергии  $3,5 \text{ Дж/см}^2$  и диаметром пучка излучения 25 мкм. В качестве внешних стандартов и контрольных образцов использовались эталонные цирконы Plešovice (Sláma et al., 2008) и 91500 (Wiedenbeck et al., 1995). При анализе результатов исследований использованы оценки возраста, рассчитанные по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ .

### Литолого-геохимическая характеристика песчаника

Изученный песчаник имеет разнозернистую псаммитовую структуру и неслоистую текстуру (рис. 2), состоит (здесь и далее об. %) из кластического материала (95%) и цемента (5%) с небольшим количеством сульфидов. Кластический материал состоит из обломков минералов (90%) и горных пород (10%). Минералы в обломках представлены полевым шпатом, в том числе альбитом и в меньшем количестве калиевым полевым шпатом, кварцем, десятками зерен лейкоксона и редкими или единичными зернами гематита, циркона и апатита, листочками хлорита. Цемент соприкосновения сложен тонкочешуйчатым агрегатом хлорита с землистым лейкоксоном и тонкозернистым агрегатом кальцита. В обломках пород угловатой формы присутствуют эффузивы основного и кислого состава и в редких случаях — гранитоиды и микропегматиты. Обломочный материал в большинстве своем слабо окатан, плохо сортирован и представлен следующими фракциями: псаммитовой мелкозернистой (0,1–0,25 мм) — 40–50%; псаммитовой среднезернистой (0,25–0,5 мм) — 35–40%; псаммитовой крупнозернистой (0,5–1 мм) — 15–20%; псаммитовой грубозернистой (1–2 мм) — 5%.

Песчаник имеет следующий химический состав (мас. %):  $\text{SiO}_2$  — 63,48%,  $\text{TiO}_2$  — 0,53%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 16,06%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 1,19%,  $\text{FeO}$  — 3,73%,  $\text{MnO}$  — 0,075%,  $\text{MgO}$  — 3,18%,  $\text{CaO}$  — 1,19%,  $\text{Na}_2\text{O}$  — 4,78%,  $\text{K}_2\text{O}$  — 2,76%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 0,14%,  $\text{CO}_2$  — 0,28%. По результатам нормативного минерального пересчета песчаник состоит из плагиоклаза № 8 (43,8%), ортоклаза (15,0%), кварца (21,3%), хлорита (16,4%), мусковита (1,6%), лейкоксона (0,7%), кальцита (0,6%), апатита (0,3%) и гематита (0,2%).

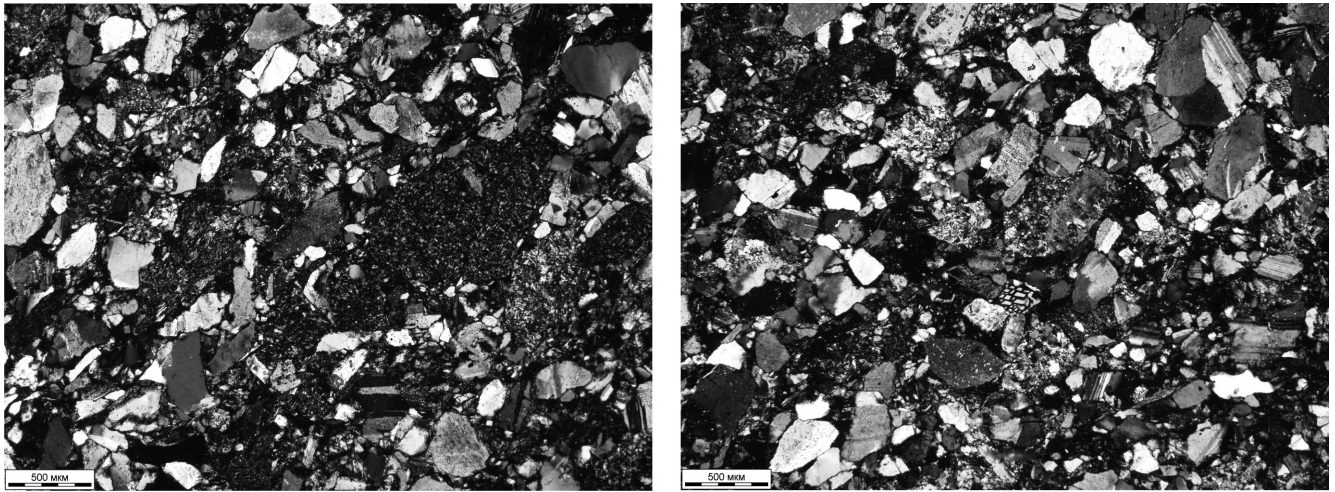


Рис. 2. Микрофотографии песчаников пробы 4000/5

По классификации Ф. Петтиджона и др. (1976), песчаник пробы 4000/5 относится к грауваккам. По значениям гидролизатного модуля ( $ГМ = 0,33$ ) и  $MgO = 3,18\%$  песчаник характеризуется невысоким уровнем зрелости с низкой степенью химического выветривания и относится к псевдосиаллитам. Породы с содержанием  $MgO > 3,0$  мас. %, по мнению Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис (2000), являются базитовыми туффоидами. Модуль НКМ (модуль нормированной щелочности =  $N_2O + K_2O/Al_2O_3$ ) для изученных песчаников  $> 0,31$ . Это служит указанием на присутствие в породе неизмененного калиевого полевого шпата (Юдович, Кетрис, 2000). Для типизации породы был использован также фемический модуль ФМ (для изученных песчаников  $ФМ = 0,12$ ). Высокое значение ФМ ( $> 0,1$ ) свойственно вулканокластическим грауваккам (Юдович, Кетрис, 2000).

Предположительным источником поступления обломочного материала (согласно диаграмме F3 — F4

(Roser, Korsch, 1986)) в осадочный бассейн, в котором сформировались изученные песчаники верхне-несокольнинской подсвиты, были изверженные породы кислого и среднего состава. Для интерпретации палеогеодинамических обстановок формирования этих песчаников использовалась диаграмма  $SiO_2 - K_2O/Na_2O$  (Roser, Korsch, 1986), на которой точка состава изученного песчаника попадает в область океанических островных дуг.

### Результаты изучения цирконов

Цирконы, выделенные из пробы 4000/5, — это неокатанные кристаллы короткопризматического габитуса с коэффициентом удлинения — 1:2, а также их обломки. В кристаллах хорошей сохранности нередко отмечаются гиацинтовые головки. Встречаются цирконы: 1) прозрачные бесцветные; 2) прозрачные розоватые с сиреневым оттенком; 3) прозрачные желтые и единичные зерна малинового и темно-желтого цвета. Также в цирконах присутствуют черные включения. Размер варьирует от 50 до 200 мкм.

Произведено 60 анализов U-Pb изотопной системы 60 зерен цирконов из пробы 4000/5 (таблица). Одно из этих измерений характеризуется высокой степенью дискордантности. Оно не было учтено в дальнейших построениях. Возраст остальных 59 зерен распределен в довольно узком диапазоне от 634,2 до 704,8 млн лет с единственным максимумом, равным 666 млн лет (рис. 3).

Таким образом, при формировании опробованного песчаникового пласта в осадок материал поступал, судя по морфологии и особенностям строения кристаллов, из нескольких источников. Этими источниками являлись исключительно позднерифейские магматические породы (интрузивные и эффузивные). Отсутствие окатанности и сортированности материала указывает на близкое расположение питающих источников сноса.

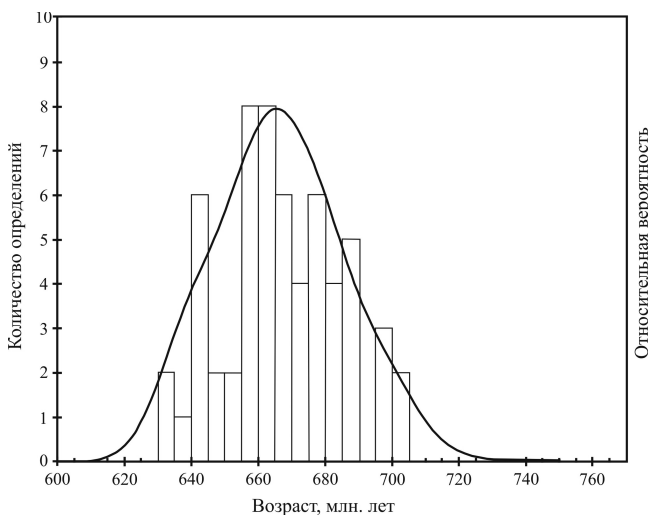


Рис. 3. Гистограмма и кривая плотности вероятности распределения датировок детритных цирконов из песчаников пробы 4000/5

Таблица

Результаты U-Pb (LA-ICP-MS) датирования детритных цирконов из сокольнинской свиты

№ точки	Изотопные соотношения				Rho	Возраст, млн лет						D, %
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1σ		<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1σ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,95017	0,07577	0,11049	0,00193	0,22	<b>675,60</b>	<b>11,22</b>	678,20	39,45	686,80	163,04	0,38
2	0,97169	0,06712	0,11218	0,00186	0,24	<b>685,40</b>	<b>10,81</b>	689,30	34,57	702,30	142,32	0,57
3	0,91503	0,09761	0,10763	0,00228	0,20	<b>659,00</b>	<b>13,25</b>	659,70	51,76	662,40	215,26	0,11
4	0,90919	0,04483	0,10673	0,00145	0,28	<b>653,70</b>	<b>8,43</b>	656,60	23,84	666,80	104,15	0,44
5	0,98655	0,04807	0,10707	0,00141	0,27	<b>655,70</b>	<b>8,20</b>	697,00	24,57	832,50	100,29	6,30
6	0,93777	0,05589	0,10919	0,00157	0,24	<b>668,10</b>	<b>9,10</b>	671,10	29,29	684,20	124,22	0,54
7	0,88537	0,06649	0,10439	0,00170	0,22	<b>640,10</b>	<b>9,95</b>	643,90	35,81	657,50	155,15	0,59
8	0,94123	0,08872	0,11049	0,00179	0,17	<b>675,60</b>	<b>10,41</b>	673,50	46,41	666,70	190,93	-0,31
9	0,94071	0,02420	0,11058	0,00121	0,43	<b>676,10</b>	<b>7,04</b>	673,30	12,66	663,80	56,79	-0,41
10	0,93182	0,01788	0,10898	0,00105	0,50	<b>666,80</b>	<b>6,08</b>	668,60	9,40	674,80	43,20	0,27
11	0,96117	0,01817	0,11113	0,00109	0,52	<b>679,30</b>	<b>6,30</b>	683,90	9,41	699,50	42,57	0,68
12	0,99757	0,03120	0,11469	0,00142	0,40	<b>699,90</b>	<b>8,19</b>	702,60	15,86	711,40	67,77	0,39
13	0,98923	0,07138	0,11553	0,00205	0,25	<u>704,80</u>	<b>11,86</b>	698,30	36,44	677,90	149,11	-0,92
14	0,87943	0,11427	0,10466	0,00183	0,13	<b>641,70</b>	<b>10,65</b>	640,70	61,74	637,50	258,35	-0,16
15	0,99538	0,04292	0,11455	0,00159	0,32	<b>699,10</b>	<b>9,19</b>	701,50	21,84	709,30	91,42	0,34
16	0,92702	0,08885	0,10823	0,00190	0,18	<b>662,40</b>	<b>11,07</b>	666,10	46,82	678,80	193,97	0,56
17	1,00727	0,07091	0,11481	0,00224	0,28	<b>700,60</b>	<b>12,98</b>	707,50	35,87	729,90	144,93	0,98
18	0,99714	0,09715	0,11260	0,00212	0,19	<b>687,90</b>	<b>12,29</b>	702,40	49,39	749,50	194,76	2,11
19	0,93288	0,02513	0,10999	0,00127	0,43	<b>672,70</b>	<b>7,38</b>	669,20	13,20	657,80	59,56	-0,52
20	0,96562	0,02923	0,11245	0,00136	0,40	<b>687,00</b>	<b>7,89</b>	686,20	15,10	684,20	65,97	-0,12
21	0,91341	0,10734	0,10908	0,00182	0,14	<b>667,40</b>	<b>10,58</b>	658,90	56,96	630,30	235,62	-1,27
22	0,93389	0,06156	0,10867	0,00166	0,23	<b>665,00</b>	<b>9,67</b>	669,70	32,32	686,10	136,43	0,71
23	0,94008	0,04663	0,10983	0,00146	0,27	<b>671,70</b>	<b>8,48</b>	672,90	24,41	677,50	104,40	0,18
24	0,95489	0,05945	0,11173	0,00212	0,30	<b>682,80</b>	<b>12,30</b>	680,60	30,88	674,10	130,71	-0,32
25	0,92679	0,02867	0,10819	0,00136	0,41	<b>662,20</b>	<b>7,89</b>	665,90	15,11	679,10	67,65	0,56
26	0,94303	0,03091	0,11018	0,00140	0,39	<b>673,80</b>	<b>8,11</b>	674,50	16,15	677,30	71,29	0,10
27	0,91093	0,03320	0,10739	0,00147	0,38	<b>657,60</b>	<b>8,57</b>	657,60	17,64	658,10	79,20	0,00
28	0,91706	0,06058	0,10812	0,00181	0,25	<b>661,80</b>	<b>10,55</b>	660,80	32,09	658,00	137,81	-0,15
29	0,88515	0,03854	0,10496	0,00130	0,28	<b>643,40</b>	<b>7,57</b>	643,80	20,76	645,70	92,72	0,06
30	0,89245	0,04977	0,10562	0,00157	0,27	<b>647,20</b>	<b>9,14</b>	647,70	26,70	650,00	117,45	0,08
31	0,90024	0,04211	0,10698	0,00173	0,35	<b>655,20</b>	<b>10,08</b>	651,90	22,50	641,10	100,56	-0,50
32	0,94640	0,09439	0,11076	0,00212	0,19	<b>677,20</b>	<b>12,31</b>	676,20	49,24	673,90	201,47	-0,15
33	0,89768	0,06021	0,10490	0,00161	0,23	<b>643,10</b>	<b>9,42</b>	650,50	32,22	677,10	138,88	1,15
34	0,87057	0,03297	0,10881	0,00158	0,38	<b>665,80</b>	<b>9,17</b>	635,90	17,90	531,10	84,14	-4,49
35	0,87594	0,03411	0,10337	0,00128	0,32	<u>634,20</u>	<b>7,48</b>	638,80	18,46	656,00	83,58	0,73

Окончание табл.

№ точки	Изотопные соотношения				Rho	Возраст, млн лет						D, %
	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 $\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 $\sigma$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 $\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 $\sigma$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
36	0,87615	0,03922	0,10439	0,00158	0,34	<b>640,10</b>	<b>9,25</b>	638,90	21,23	635,50	96,39	-0,19
37	0,92560	0,04282	0,10832	0,00156	0,31	<b>663,00</b>	<b>9,09</b>	665,30	22,58	674,10	98,41	0,35
38	0,95139	0,02357	0,11245	0,00126	0,45	<b>687,00</b>	<b>7,29</b>	678,80	12,27	652,80	55,17	-1,19
39	1,00382	0,04449	0,11143	0,00140	0,28	<b>681,10</b>	<b>8,15</b>	705,70	22,54	786,00	92,36	3,61
40	0,88247	0,04782	0,10338	0,00143	0,26	<b>634,20</b>	<b>8,37</b>	642,30	25,79	671,80	113,70	1,28
41	0,96636	0,06851	0,11126	0,00176	0,22	<b>680,00</b>	<b>10,23</b>	686,60	35,38	709,00	145,62	0,97
42	0,92884	0,03083	0,10834	0,00132	0,37	<b>663,10</b>	<b>7,68</b>	667,00	16,23	681,30	71,80	0,59
43	0,91270	0,10179	0,10623	0,00190	0,16	<b>650,80</b>	<b>11,09</b>	658,50	54,04	685,90	222,62	1,18
44	0,96432	0,11194	0,11097	0,00231	0,18	<b>678,40</b>	<b>13,38</b>	685,50	57,86	709,90	230,69	1,05
45	0,95884	0,04450	0,11131	0,00186	0,36	<b>680,30</b>	<b>10,79</b>	682,70	23,07	691,40	99,30	0,35
46	0,90759	0,07188	0,10755	0,00187	0,22	<b>658,50</b>	<b>10,90</b>	655,80	38,26	647,30	163,20	-0,41
47	0,89048	0,06380	0,10424	0,00190	0,25	<b>639,20</b>	<b>11,12</b>	646,60	34,27	673,60	148,57	1,16
48	0,89379	0,06838	0,10549	0,00184	0,23	<b>646,50</b>	<b>10,75</b>	648,40	36,66	656,10	157,96	0,29
49	0,96216	0,04284	0,11214	0,00174	0,35	<b>685,10</b>	<b>10,11</b>	684,40	22,17	683,00	95,29	-0,10
50	0,91856	0,03144	0,10793	0,00145	0,39	<b>660,70</b>	<b>8,45</b>	661,60	16,64	665,50	74,72	0,14
51	0,90051	0,03149	0,10724	0,00149	0,40	<b>656,70</b>	<b>8,68</b>	652,00	16,83	636,70	76,64	-0,72
52	0,88874	0,01942	0,10708	0,00113	0,48	<b>655,80</b>	<b>6,59</b>	645,70	10,44	611,70	49,62	-1,54
53	0,93751	0,02769	0,11441	0,00139	0,41	<b>698,30</b>	<b>8,05</b>	671,60	14,51	583,90	65,77	-3,82
54	0,93309	0,03288	0,10858	0,00149	0,39	<b>664,50</b>	<b>8,64</b>	669,30	17,27	686,30	76,51	0,72
55	0,93425	0,04126	0,10981	0,00176	0,36	<b>671,60</b>	<b>10,22</b>	669,90	21,66	664,90	95,15	-0,25
56	0,94016	0,03757	0,10950	0,00158	0,36	<b>669,80</b>	<b>9,15</b>	673,00	19,66	684,50	86,00	0,48
57	0,93321	0,14520	0,10740	0,00207	0,12	<b>657,60</b>	<b>12,07</b>	669,30	76,26	710,00	300,93	1,78
58	0,93017	0,07732	0,10817	0,00221	0,25	<b>662,10</b>	<b>12,87</b>	667,70	40,68	687,70	170,37	0,85
59	0,89792	0,03205	0,10479	0,00131	0,35	<b>642,40</b>	<b>7,64</b>	650,60	17,15	680,10	76,99	1,28

*Примечание.* Жирным шрифтом выделены принятые значения возраста циркона, определенные по отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ; подчеркнуты — минимальный и максимальный возраст цирконов в пробе; D — дискордантность, вычисленная по формуле:  $D = [100 \cdot (\text{«возраст по } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \text{»} / \text{«возраст по } ^{238}\text{Pb}^{207}/^{235}\text{U} \text{»}) - 1]$ .

### Корреляция

Сокольнинские и лежащие ниже по разрезу морозовские отложения коррелируются с породами верхневендской энганепэйской свиты и верхнерифейско-верхневендской бедамельской серии, завершающих разрез протоуралид-тиманид, распространенных в более южных районах Полярного Урала (на хребтах Энганэ-пэ, Манитанырд, Оченыр) (Государственная..., 2005; Кузнецов и др., 2007, 2009).

Отложения энганепэйской свиты представлены ритмичным чередованием песчаников и авлеролитов и их туфогенных разностей, среди которых на отдельных уровнях встречаются грубозернистые породы — конгломераты (Государственная..., 2005; Кузнецов и др., 2007, 2009). В составе бедамель-

ской серии преобладают вулканиты от основного до кислого состава, а также туфоконгломераты и туфогравелиты (Государственная..., 2005). Находящиеся в сложных взаимоотношениях породы энганепэйской свиты и бедамельской серии со структурным несогласием перекрыты палеозойскими толщами, разрез которых начинается с нижнеордовикской манитанырдской свиты, содержащей продукты разрушения вулканических пород этих свит и одновозрастных им гранитоидов (Соболева и др., 2012).

Возраст энганепэйской свиты ограничен датировкой самой молодой популяции детритных цирконов из песчаников этой свиты, попадающей в диапазон 670–590 млн лет (Кузнецов и др., 2009).

Нижний возрастной предел енганепэйской свиты принят как поздний венд на основании данных изотопного датирования субвулканических риолитов лядгейского комплекса (555–522 млн лет) верхней части бедамельской серии (Шишкин и др., 2004). Согласно более новым результатам геохронологических исследований туфов верхней части бедамельской серии (554,7±3,3 млн лет) и туфов нижней части енганепэйской свиты (558,7±3,9 и 552,0±3,6 млн лет), в пределах хребта Енганэ-пэ они формировались в течение венда (Соболева и др., 2013).

В Оченырском районе бедамельская серия расчленяется на две свиты: очетывисскую, отнесенную к верхнему рифею, и лядгейскую, датируемую верхнерифейско-вендским возрастом на основании данных изотопного датирования субвулканических риолитов лядгейского комплекса хребта Енганэ-пэ (Шишкин и др., 2004). Изотопное датирование вулканогенных толщ для этого района не проводилось. Кроме того, в более южных районах на Приполярном Урале развиты отложения саблегорской свиты. В ее составе наибольшим развитием пользуются эффузивы кислого состава и их туфы, а также разности основного и среднего составов. Возраст ее принят как позднерифейско-кембрийский на основании данных изотопного датирования саблегорского базальт-риолитового комплекса (Соболева, 2004).

В связи с тем что породы сокольнинской и морозовской свит Амдерминского поднятия, так же как и весьма сходные с ними по составу породы енганепэйской свиты и бедамельской серии Полярного Урала и породы саблегорской свиты Припо-

лярного Урала, завершают разрезы протоуралид-тиманид все эти комплексы можно рассматривать как близко разновозрастные образования. На этом основании, и принимая во внимание приведенные выше результаты датирования детритных цирконов, сокольнинскую свиту можно сопоставлять с верхами верхнего рифея — вендом.

### Выводы

Результаты U-Pb изотопного датирования детритных цирконов из песчаников нижнесокольнинской подсвиты указывают на то, что эти песчаники формировались за счет накопления продуктов размыва позднерифейских магматических образований. Такими образованиями, вероятно, являлись вулканы морозовской свиты хребта Пай-Хой, для которых ранее была показана островодужная природа (Канева, 2013). На основании изучения пробы 4000/5 можно сделать вывод о том, что нижний возрастной предел сокольнинской свиты соответствует окончанию позднего рифея. По составу, условиям образования и тектоническому положению сокольнинская свита может рассматриваться как близкий аналог терригенно-туфогенно-вулканогенных толщ (енганепэйской свиты и бедамельской серии) более южных районов западной зоны Полярного Урала и саблегорской свиты западной зоны Приполярного Урала. На этом основании возраст сокольнинской свиты можно определить в интервале конец позднего рифея — венд.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке УрО РАН (проект № 15-15-5-73).

### ЛИТЕРАТУРА

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Полярно-Уральская. Лист Q-41-XI. Отв. исп. М.А. Шишкин. Объяснит. зап., 2005.

Забродин В.Е., Шляхова Х.Т. О возрасте амдерминской свиты Пай-Хоя // Докл. АН СССР. 1970. Т. 194, № 3. С. 646–648.

Канева Т.А. Петрологическое сравнение вулкаников морозовской свиты северо-восточной части хребта Пай-Хой и бедамельской серии хребта Оченыр // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента. Мат-лы 22-й научной конференции. Сыктывкар: Геопринт, 2013. С. 59–63.

Кузнецов А.Б., Старикова Е.В. Sr-изотопная хемостратиграфия карбонатных пород Амдерминского поднятия, Пай-Хой // Докл. АН. 2016 (в печати).

Кузнецов Н.Б. Комплексы протоуралид-тиманид и позднекембрийско-раннепалеозойская эволюция восточного и северо-восточного обрамления Восточно-Европейской платформы: Дисс. ... докт. геол.-минерал. наук. М.: Ин-т физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, 2009. 475 с.

Кузнецов Н.Б., Куликова К.В., Удоратина О.В. Структурные особенности протоуралид поднятия Енганэ-Пэ (Полярный Урал) как отражение кембрийской колли-

зии Балтики и Арктиды // Докл. АН. 2007. Т. 415, № 1. С. 77–82.

Кузнецов Н.Б., Натанов Л.М., Белоусова Е.А. и др. Первые результаты изотопного датирования детритных цирконов из кластогенных пород комплексов протоуралид-тиманид: вклад в стратиграфию позднего докембрия поднятия Енганэ-пэ (запад Полярного Урала) // Докл. АН. 2009. Т. 424, № 6. С. 363–368.

Маслов М.А., Шляхова Х.Т. Стратиграфия доордовикских метаморфических образований Пай-Хоя // Стратиграфия и литология докембрия и нижнего палеозоя Урала. Тр. Ин-та геологии и геохимии. Вып. 91. Свердловск, 1972. С. 55–67.

Петтиджен Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 536 с.

Соболева А.А., Удоратина О.В., Кузнецов Н.Б. и др. Возраст покровной фации наиболее поздних вулкаников доуралид Полярного Урала по данным U-Pb датирования цирконов // От минералогии до геохимии. Сб. научных трудов, посвященный 130-летию со дня рождения академика А.Е. Ферсмана. Крым, 2013. С. 192–194.

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

Соболева А.А., Кузнецов Н.Б., Миллер Э.Л. и др. Первые результаты U/Pb-датирования детритных цирконов

из базальных горизонтов уралид (Полярный Урал) // Докл. АН. 2012. Т. 445, № 5. С. 570–576.

*Терешко В.В.* Стратиграфия верхнепротерозойских отложений северо-западного Пай-Хоя // Верхний докембрий севера Европейской части СССР. 1983. С. 130–134.

*Терешко В.В.* Новые данные по стратиграфии верхнепротерозойских отложений северо-западного Пай-Хоя // Стратиграфия и палеогеография фанерозоя европейского северо-востока СССР. Труды X Геол. конф. Коми АССР. Сыктывкар, 1987. С. 9–12.

*Терешко В.В.* Органические остатки в верхнем докембрии севера Урала // Труды XI Геол. конф. Коми АССР. Сыктывкар, 1990. С. 143–148.

*Тимонин Н.И., Юдин В.В., Беляев А.А.* Палеогеодинамика Пай-Хоя. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 226 с.

*Хубанов В.Б., Буянттуев М.Д., Цыганков А.А.* U-Pb изотопное датирование цирконов из Pz<sub>3</sub>-Mz магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставления с SHRIMP данными // Геол. и геофиз. 2016. Т. 57, № 1. С. 241–258.

*Шишкин М.А., Шкарубо С.И., Молчанова Е.В.* и др. Государственная геологическая карта Российской Фе-

дерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Южно-Карская. Лист R-41 — Амдерма. Объяснит. зап. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2012. 383 с.

*Шишкин М.А., Малых И.М., Матуков Д.И., Сергеев С.А.* Риолитовые комплексы западного склона Полярного Урала // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Мат-лы XIV Геологического съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: Геопринт, 2004. С. 148–150.

*Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

*Middleton G.V.* Chemical composition of sandstones // Geol. Soc. Amer. Bull. 1960. Vol. 71. P. 1011–1026.

*Roser B.P., Korsch R.J.* Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio // J. Geol. 1986. Vol. 94, N 5. P. 635–650.

*Sláma J., Kosler J., Condon D.J.* et al. Plešovice zircon: a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis // Chem. Geol. 2008. Vol. 249. P. 1–35.

*Wiedenbeck M., Alle P., Corfu F.* et al. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses // Geostandards Newsletter. 1995. N 19. P. 1–23.

## EVALUATION OF LOWER AGE LIMIT OF NEOPROTEROZOIC SOKOLIY FORMATION IN NORTHWESTERN PAY-KHOY BASED ON DETRITAL ZIRCONS U-Pb DATING

*T.A. Kaneva, O.V. Udoratina, E.V. Starikova, V.B. Khubanov*

The results of U-Pb dating of detrital zircons from sandstones from a lower unit of Sokoliy Formation, northwestern Pay-Khoy are reported. It is established that the lower limit for the age of the formation corresponds to the Latest Riphean — Vendian (634–705 Ma). These sandstones were formed due to the accumulation of erosional products of Late Riphean magmatic rocks originated from island arc. The lack of roundness and sorting of the material indicates the proximity of source province.

*Key words:* sandstone, detrital zircons, Late Riphean, source province.

**Сведения об авторах:** *Канева Татьяна Анатольевна* — аспирант Ин-та геологии Коми НЦ УРО РАН; *e-mail:* ta\_kaneva@mail.ru; *Удоратина Оксана Владимировна* — канд. геол.-минерал. наук, науч. сотр. лаб. петрографии Ин-та геологии Коми НЦ УРО РАН; *e-mail:* udoratina@geo.komisc.ru; *Старикова Елена Вячеславовна* — канд. геол.-минерал. наук, геолог ЗАО «Поляргео»; *e-mail:* starspb@mail.ru; *Хубанов Валентин Борисович* — канд. геол.-минерал. наук, науч. сотр. ГИН СО РАН; *e-mail:* khubanov@mail.ru