

**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb SHRIMP ДАТИРОВАНИЯ ЦИРКОНОВ ИЗ  
КЕПИТЕНСКИХ (СРЕДНЯЯ ПЕРМЬ) ОТЛОЖЕНИЙ ОМОЛОНСКОГО МАССИВА  
(СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)**

***И.В. Брынько<sup>1</sup>, Г.О. Ползуненков<sup>1</sup>, А.С. Бяков<sup>1,2</sup>, И.Л. Ведерников<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им Н.А. Шило ДВО РАН,  
ул. Портовая 16, г. Магадан, 685000; email: [ibrynko@mail.ru](mailto:ibrynko@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань 420008; email: [abiakov@mail.ru](mailto:abiakov@mail.ru)

Поступила в редакцию 29 июня 2020 г.

Впервые проведено U-Pb датирование цирконов из двух проб стратотипических разрезов гижигинской свиты средней перми Омолонского массива. Полученные средневзвешенные датировки  $266 \pm 2$  и  $265 \pm 3$  млн лет с учетом ошибки согласуются с ее кепитенским возрастом, ранее установленным палеонтологически. Наличие детритовых популяций цирконов позволило наметить несколько источников сноса в Омолонский бассейн. Допермские цирконы связаны с размывом пород фундамента массива и среднепалеозойских вулканитов кедонской серии, а присутствие пермской популяции обусловлено привнесом туфового материала с Охотско-Тайгоносской вулканической дуги.

**Ключевые слова:** Региональная стратиграфическая шкала, пермь, U-Pb SHRIMP датирование цирконов, Омолонский массив, Северо-Восток России.

**ВВЕДЕНИЕ**

Корреляция пермских отложений Северо-Востока России с международной стратиграфической шкалой (МСШ) и, тем более, с Общей стратиграфической шкалой (ОСШ), используемой в России, всегда являлась очень сложной проблемой [4, 11]. Особенно это касается верхней части средней и всей верхней перми, где полностью отсутствуют такие ортостратиграфические группы фауны, как фузулиниды и конodontы, на которых базируется МСШ. В последнее время в регионе для датирования пермских толщ стали использоваться современные прецизионные методы U-Pb датирования цирконов – SHRIMP и IDTIMS [5, 6, 7, 10].

Однако все эти работы по датированию цирконов были проведены за пределами стратотипической местности подразделений региональной стратиграфической шкалы (РСШ). Поэтому датирование цирконов из синхронных осадконакоплению туфогенных пород именно в стратотипической местности для региональных стратотипических подразделений представляется весьма важной и актуальной задачей. В настоящей статье приведены первые результаты SHRIMP датирования цирконов из двух опорных разрезов гижигинской свиты и одноименно-

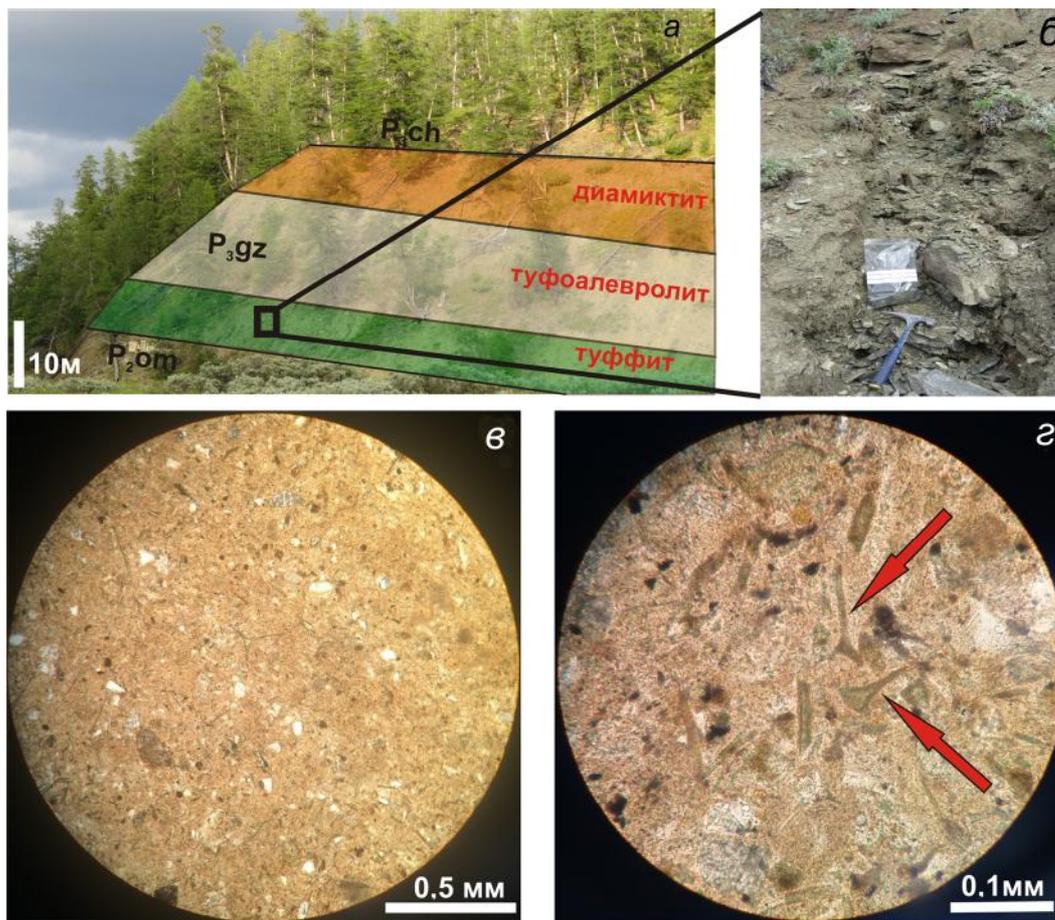
го регионального горизонта Омолонского массива – ее стратотипа на руч. Водопадный и парастратотипа на р. Русская-Омолонская. Эти разрезы в конце прошлого века полномасштабно были изучены традиционными методами биостратиграфии и литологии [9].

**СТРАТИГРАФИЯ ГИЖИГИНСКОЙ СВИТЫ В  
РАЗРЕЗАХ ПО РУЧ. ВОДОПАДНЫЙ И Р. РУССКАЯ-  
ОМОЛОНСКАЯ И ПОЛОЖЕНИЕ ОТОБРАННЫХ  
ОБРАЗЦОВ**

Гижигинская свита в разрезах по руч. Водопадный и р. Русская-Омолонская имеет сходное строение (рис. 1). Ее характерными особенностями являются высокое содержание пирокластике и присутствие инородного рассеянного гравийно-галечно-валунного материала. В разрезе свиты по р. Русская-Омолонская все эти признаки выражены в меньшей степени, чем в одновозрастных отложениях по руч. Водопадный [9].

В разрезе по р. Русская-Омолонская свита (рис. 2, а) имеет мощность 55 м, контакт с подстилающей омолонской свитой резкий, со следами незначительного размыва [9], а с перекрывающей хивачской свитой – постепенный. Породы гижигинской свиты снизу вверх представлены следующими отложениями [9]:





**Рис. 2.** Стратиграфическое положение и петрография образца 63-10/АБ-14.

*а* – обнажение гижигинской свиты в разрезе по р. Русская-Омолонская, *б* – пачка зеленых туффитов, из которых был отобран образец 63-10/АБ-14, *в* – общий вид породы под микроскопом, *г* – пепловые рогульки в туффите.  $P_{2om}$  – омолонская свита;  $P_{3gz}$  – гижигинская свита;  $P_{ch}$  – хивачская свита.

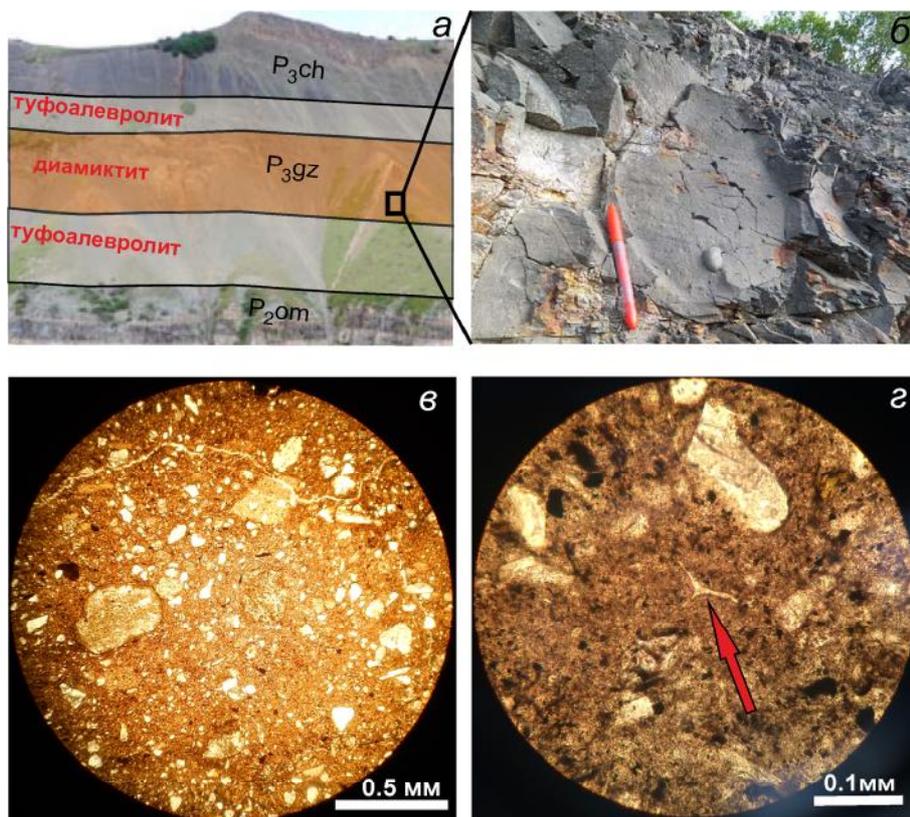
1. Туффиты зеленого цвета, алевритовой размерности, массивной текстуры, плитчатой отдельности, хлоритизированные, щебенчатые. Встречаются редкие включения гравийно-галечной размерности, представленные эффузивами кислого, реже среднего и основного состава. Фаунистические остатки: брахиоподы *Rhynchopora lobjaensis* (Tolmatchew), *Cancrinelloides obrutschewi* (Licharew), *Neospirifer invisus* Zavodovsky, двустворчатые моллюски *Maitaia cf. bella* Biakov, *Merismopteria ex gr. macroptera* (Morris), *Pachymyonia elata* Porow, *Streblopteria ex gr. englehardti* (Etheridge et Dun). В средней части этой пачки был отобран образец 63-10/АБ-14 для датирования цирконов. Мощность 8 м.

2. Туфоалевролиты зеленовато-серого цвета, песчано-алевритовой размерности, беспорядочной текстуры, щебенчатые, с рассеянной примесью гравийно-галечного материала, по составу аналогичного встреченному в пачке 1. Мощность 10 м.

3. Диамиктиты серого цвета, щебенчатые, основная масса породы имеет глинисто-песчаную размерность. Рассеянные включения гравийно-галечно-валунной размерности аналогичны описанным в пачках 1 и 2 и составляют до 30 % породы. В диамиктитах встречены брахиоподы *Cancrinelloides curvatus* Tolmatchew, *Tumarinia tsaregradskyi* Zavodovsky. Мощность 21 м.

4. Туфоалевролиты зеленовато-серые, массивной текстуры, известковистые, с примесью гравийно-галечного материала. В отложениях встречаются брахиоподы *Cancrinelloides curvatus* Tolmatchew, *Tumarinia tsaregradskyi* Zavodovsky, *Brachythyrina turusica* Tschernjak, двустворчатые моллюски *Maitaia bella* Biakov, *Fasciculiconcha* sp. nov., *Streblopteria englehardti* (Etheridge et Dun). Мощность 15 м.

5. Туфовые известняки буровато-серого цвета, песчанисто-алевритовой размерности, массивной текстуры, крепкие. Мощность 1 м.



**Рис. 3.** Стратиграфическое положение и петрография образца 119-4/АБ-15.

*a* – обнажение гижигинской свиты в разрезе по руч. Водопадный, *б* – диамиктит с включением галечной размерности, из которого был отобран образец 119-4/АБ-15, *в* – общий вид породы под микроскопом, *г* – пепловая рогулька в диамиктите.  $P_{2om}$  – оломонская свита;  $P_{3gz}$  – гижигинская свита;  $P_{3ch}$  – хивачская свита.

В разрезе по руч. Водопадный гижигинская свита (рис. 3, *a*) имеет мощность 66 м, контакт между подстилающей оломонской и перекрывающей хивачской свитами постепенный. Свиту снизу вверх слагают [9]:

1. Туфоалевролиты серого цвета, глинисто-песчаной размерности, комковатой текстуры; породы некрепкие, щебенчатого облика. Присутствует незначительное количество беспорядочно ориентированного гравийно-галечно-валунного материала различной окатанности, по составу аналогичного встреченному в разрезе по р. Русская-Оломонская. Фаунистические остатки: брахиоподы *Neospirifer cf. invisus* Zavadovsky, *Cancrinelloides* sp. indet. Мощность 23 м.

2. Диамиктиты серого цвета, глинисто-песчаной размерности основной массы, массивной текстуры, слабоизвестковистые, щебенчатые, со скорлуповатой отдельностью. Включения гравийно-галечно-валунной размерности хорошо окатаны, обычно расположены хаотически, преобладающая фракция – от 0.5 до 5 см. В диамиктитах отмечены раковины брахиопод *Cancrinelloides curvatus* Tolmatchew, *Penzhinaella tsaregradskyi* Zavadovsky, *Neospirifer crassiconchialis* Zavadovsky, *Brachythyris sibirica* Tschernjak, *Actinonchus planosulcatus* (Phillips). В этой пачке был отобран образец 119-4/АБ-15 для датирования цирконов. Мощность 27 м.

3. Туфоалевролиты серого цвета, глинисто-песчаной размерности, комковатой или слоистой текстуры, известковистые, с редкими включениями гравийно-галечной размерности. Встречаются прослои брахиоподового ракушечника, сложенного *Cancrinelloides curvatus* Tolmatchew, *Penzhinaella tsaregradskyi* Zavadovsky, *Neospirifer crassiconchialis* Zavadovsky, также встречаются двустворчатые моллюски *Maitaia bella* Biakov, *M. belliformis* Biakov, *Streblopteria englehardti* (Etheridge et Dun), *Permophorus costatus* Brown, *Myonia* aff. *komiensis* (Maslennikov). Мощность 16 м.

#### МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ЦИРКОНОВ И ИХ ДАТИРОВАНИЕ

Для определения U-Pb возраста отложений отбирались пробы весом 1.5–2 кг из наиболее перспективных разновидностей пород. При отборе обращалось внимание на их вероятное туфовое происхождение и отсутствие в диамиктитах крупных включений рассеянного материала. Тяжелую фракцию извлекали после дробления и просеивания проб с применением магнитной сепарации и тяжелой (бромформной) жидкости. Окончательный отбор зерен цирконов проводился вручную под бинокуляр.

U-Pb датирование проводилось в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) на ионном микрозонде SHRIMP-II. Отобранные вруч-

ную зерна цирконов вместе с зернами цирконовых стандартов TEMORA и 91500 были имплантированы в эпоксидную смолу и вполнину сошлифованы. Для выбора точек датирования в пределах зерна использовались оптические и катодолюминесцентные изображения, отражающие внутреннюю структуру цирконов, полученные с помощью сканирующего микроскопа CamScan MX 2500. Измерения U-Pb отношения SHRIMP-II проводились по методике L.S. Williams [15]. Погрешность единичных анализов (отношений и возрастов) приводится на уровне двух сигма. Построение графика с конкордией проводилось с использованием программы ISOPLOT/EXX версии 3.75 [13].

Из-за того, что молодые цирконы (моложе 1 млрд лет) характеризуются низким сигналом  $^{207}\text{Pb}$  [12] и ошибка определения  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраста, в таком случае, выше 2 %, для значений менее 1 млрд лет использовалось соотношение  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ , а для определения возраста более 1 млрд лет – соотношение  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . В связи с этим при расчете дискордантности использовались две разные формулы: для возраста более 1 млрд лет –  $D = 100 * (\text{Возраст} (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) / \text{Возраст} (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$ ; для возраста менее 1 млрд лет –  $D = 100 * (\text{Возраст} (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) / \text{Возраст} (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1)$ . Критерием отбора конкордантных дат служил диапазон дискордантности (D) от –10 до 10 %.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ И ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ НИХ ЦИРКОНОВ

**Образец 63-10/АБ-14** (рис. 2, б) (координаты  $63^{\circ}39'25''$  с.ш. и  $159^{\circ}00'42''$  в.д.) представлен алевритистым туффитом зеленовато-серого цвета, с кристаллолитокластической (пепловой) структурой и массивной текстурой. В шлифах преобладает несортированный, глинисто-серицитовый материал с тонкодисперсной примесью полевых шпатов и кварца и множеством пепловых рогулек (рис. 2, в), слагающий до 70 % породы, с размерностью фракции 0.025–0.01 мм (рис. 2, г). Частицы обломочной фракции имеют удлиненную и изометричную морфологию, среднюю сортировку, угловатую степень окатанности. Аллотигенная часть представлена клисталлокластами полевого шпата и кварца с размерами зерен от 0.005 до 0.4 мм, слагающими 15 % породы, и литокластами эффузивных пород среднего состава размерностью 0.1–0.7 мм со стекловатой и гиалопилитовой структурой, слагающими 10 % породы.

Из туффита выделено десять зерен цирконов (рис. 4). Зерно 10.1 (табл.) исключено из рассмотрения, так как значение дискордантности у него 51 %. Остальные изученные зерна можно разделить на три группы: первая (докембрийская), представленная

4 зернами в возрастном диапазоне от  $2656 \pm 14$  до  $1845 \pm 14$  млн лет, имеет размер кристаллов от 150 до 263 мкм. Зерна плохоокатанные, часто обломаны, удлиненно-призматической формы, со следами абразии и со слабоотчетливой комбинированной и осцилляторной зональностью. Содержание U – от 159 до 2022 г/т; Th – от 50 до 306 г/т; Th/U – от 0.16 до 0.33 г/т.

Вторая группа – каменноугольная, представленная двумя зернами возрастом  $325 \pm 2.2$  и  $324 \pm 2.9$  млн лет, имеет размер кристаллов от 110 до 223 мкм; зерна слабоокатанные, короткопризматические, с осцилляторной зональностью. Содержание U – от 181 до 597 г/т, Th – 45–340 г/т, Th/U – 0.26–0.59 г/т. Третья группа – пермская, включающая в себя 4 зерна в возрастном диапазоне от  $287.7 \pm 2.5$  до  $265 \pm 1.5$  млн лет, размер кристаллов от 160 до 260 мкм, представляющих собой идиоморфные индивиды с тонкой осцилляторной зональностью. Содержание U – от 131 до 590 г/т, Th – от 84 до 989 г/т, Th/U – 0.61–2.78 г/т. Цирконы не имеют следов абразии, что свидетельствует об их инситуной природе. Наиболее древнее зерно из пермской популяции (1.1) исключено из дальнейшего рассмотрения, поскольку является заведомо более древним, чем предполагаемый возраст свиты.

Оставшиеся три зерна из этой популяции (рис. 4, а) формируют кластер со среднезвешенным  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  возрастом  $266 \pm 2$  млн лет, при величине СКВО 0.98 и вероятности 0.40 (рис. 5).

**Образец 119-4/АБ-15** отобран нами в разрезе по руч. Водопадный (координаты  $63^{\circ}05'15''$  с.ш. и  $159^{\circ}18'55''$  в.д.) и представлен диамиктитом (рис. 3, б) темно-серого цвета, слабоизвестковистым, щебенчатым, со скорлуповатой отдельностью. Структура породы кристаллолитокластическая, текстура массивная. Присутствуют рассеянные включения гравийно-галечной размерности, составляющие 25 % породы (рис. 1). В шлифе основная масса диамиктита (рис. 3, в) сложена плохо сортированным серицит-кварц-полевошпат-глинистым материалом с размером зерен 0.005–0.025 мм, составляющим более 50 % породы. В основной массе присутствуют рогульчатые пепловые частицы (рис. 3, г). Обломочные частицы имеют удлиненную, остроугольную и изометричную форму, плохую сортировку, они плохо окатаны, часто угловатые. Аллотигенные компоненты представлены клисталлокластами полевого шпата, кварца, редко плагиоклаза с размером обломков от 0.05 до 0.7 мм, слагающими до 20 % породы. Также присутствуют литокласты, представленные эффузивами среднего – основного состава с фельзитовой, порфировой и гиалопилитовой структурами, размер обломков 0.2–2 мм, которые составляют около 20 % породы.

Таблица. Результаты U-Pb анализа циркона из туффита (образец 63-10/АБ-14) и диамиктита (образец 119-4/АБ-15) гижигинской свиты.

Номер зерна	% $^{206}\text{Pb}_c$	г/г U	г/г Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	г/г $^{206}\text{Pb}^*$	Возраст млн лет		Возраст млн лет		Возраст млн лет	
						$\frac{(1) \ ^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{(1) \ ^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{(1) \ ^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{(1) \ ^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$		
Туффит (обр. 63-10/АБ-14, 159.011667, 63.656944) нижняя часть гижигинской свиты (р. Русская-Омолонская)											
Средневзвешенный конкордантный возраст – $266 \pm 2$ млн лет, СКВО = 0.98, $p = 0.40$ , $N = 11$											
4.2	0.31	483	743	1.5914	17.500	265	1.5	265	7	-	-
4.1	0.11	590	989	1.7312	21.400	266	1.4	261	5	-	-
2.1	0.88	142	84	0.6149	5.180	266	2.9	266	21	-	-
6.1	0.48	131	351	2.7776	4.840	271	3.0	277	15	-	-
1.1	0.00	168	182	1.1194	6.590	288	2.5	283	8	-	-
8.1	1.06	181	45	0.2597	8.090	324	2.9	329	17	-	-
9.1	2.17	597	340	0.5873	27.100	325	2.2	340	16	-	-
10.1*	2.46	329	106	0.3328	55.500	1131	6.3	-	-	1708	43
7.1	0.06	180	82	0.4720	50.900	1828	9.7	-	-	1845	15
3.1	0.03	2022	306	0.1563	572.000	1834	4.0	-	-	1985	5
5.1	0.01	159	50	0.3276	68.000	2607	14.0	-	-	2656	14
Диамиктит (обр. 119-4/АБ-15, 159.315278, 63.0875) средняя часть гижигинской свиты (руч. Водопадный)											
Средневзвешенный конкордантный возраст – $265.4 \pm 3$ млн лет, СКВО = 0.13, $p = 0.13$ , $N = 22$											
2.1*	0.92	73	52	0.7429	2.63	262.9	3.7	226	24	-	-
1.1	0.92	72	63	0.9099	2.59	263.2	3.7	247	24	-	-
8.1	0.00	119	234	2.0336	4.29	265	2.8	287	13	-	-
10.1	0.00	351	485	1.4276	12.7	265.3	1.7	274	7	-	-
6.1	0.00	143	156	1.1251	5.21	266.8	2.6	288	11	-	-
22.1	0.25	364	281	0.7967	13.4	270.4	2.0	270	9	-	-
9.1	-0.19	562	722	1.3266	20.8	272.1	1.6	283	8	-	-
15.1	0.00	72	68	0.9775	2.67	273.1	3.7	287	16	-	-
16.1*	-0.46	231	338	1.5124	8.56	273.4	2.3	306	16	-	-
11.1	-0.30	349	218	0.6460	13	274	1.8	280	11	-	-
14.1	0.00	222	315	1.4691	8.35	276.3	2.2	283	9	-	-
4.1	0.00	165	120	0.7494	6.22	276.7	2.7	271	10	-	-
13.1	0.00	80	135	1.7599	3.03	279.7	4.1	300	15	-	-
21.1	0.26	584	901	1.5944	22.7	284.2	1.5	300	8	-	-
18.1	0.39	576	19	0.0335	26.4	334	1.8	351	11	-	-
12.1*	0.00	14	1	0.0929	0.674	363.7	9.7	417	38	-	-
3.1*	0.7	1168.9	511.4	0.5	280	1572.6	3.2	-	-	1776	13.0
17.1	0.22	148	60	0.4195	41.2	1803.2	7.5	-	-	1805	25
5.1	0.00	309	159	0.5308	88.9	1863.7	5.2	-	-	1867	13
19.1	0.00	190	60	0.3279	55	1871.1	6.9	-	-	1858	18
20.1	0.00	241	62	0.2658	90.6	2343.2	8.0	-	-	2332	11

Примечание. СКВО – среднее квадратичное отклонение,  $p$  – вероятность конкордантности. Погрешности единичных анализов –  $1\sigma$ .  $^{206}\text{Pb}_c$  и  $^{206}\text{Pb}^*$  – обыкновенный и радиогенный свинец. (1) – скорректировано с учетом содержания на обыкновенный свинец, используя измеренный  $^{204}\text{Pb}$ . Погрешность калибровки стандарта TEMORA – 0.52 % (не включено в погрешности единичных анализов). Анализы выполнены на SHRIMP-II в ЦИИ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург). \* – помечены зерна, не подходящие под критерии отбора конкордантных дат, с диапазоном конкордантности от – 10 до 10 %.

Таблица. (Окончание).

D, %	(1) $\frac{^{238}\text{U}}{^{206}\text{Pb}^*}$	±%	(1) $\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{206}\text{Pb}^*}$	±%	(1) $\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}$	±%	(1) $\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	±%	ошибка
Туффит (обр. 63-10/АБ-14, 159.011667, 63.656944) нижняя часть гижигинской свиты (р. Русская-Омолонская)									
Средневзвешенный конкордантный возраст – 266 ± 2 млн лет, СКВО = 0.98, p = 0.40, N = 11									
0	23.83	0.58	0.0515	3.10	0.2983	3.20	0.04197	0.58	0.180
-2	23.78	0.53	0.0505	2.20	0.2928	2.20	0.04205	0.53	0.238
0	23.70	1.10	0.0515	8.90	0.3000	8.90	0.04220	1.10	0.126
2	23.32	1.10	0.0532	6.10	0.3140	6.20	0.04287	1.10	0.182
-1	21.91	0.88	0.0511	3.20	0.3220	3.30	0.04564	0.88	0.266
2	19.39	0.93	0.0539	5.80	0.3830	5.90	0.05156	0.93	0.158
5	19.33	0.70	0.0559	5.60	0.3980	5.60	0.05172	0.70	0.125
51	5.21	0.61	0.1047	2.30	2.7670	2.40	0.19180	0.61	0.255
1	3.05	0.61	0.1128	0.84	5.0970	1.00	0.32780	0.61	0.584
8	3.04	0.25	0.12194	0.30	5.5310	0.39	0.32900	0.25	0.640
2	2.01	0.63	0.1804	0.82	12.3900	1.00	0.49830	0.63	0.610
Диамиктит (обр. 119-4/АБ-15, 159.315278, 63.0875) средняя часть гижигинской свиты (руч. Водопадный)									
Средневзвешенный конкордантный возраст – 265.4 ± 3 млн лет, СКВО = 0.13, p = 0.13, N = 22									
-14	24.02	1.4	0.0433	12	0.2490	12.00	0.04163	1.40	0.116
-6	23.99	1.4	0.0478	11	0.2750	11.00	0.04168	1.40	0.128
8	23.83	1.1	0.0564	5.20	0.3260	5.30	0.04196	1.10	0.202
3	23.8	0.64	0.0535	2.70	0.3101	2.80	0.04202	0.64	0.227
8	23.66	0.98	0.0563	4.10	0.3280	4.20	0.04226	0.98	0.231
0	23.35	0.75	0.0516	3.60	0.3050	3.70	0.04283	0.75	0.205
4	23.19	0.61	0.0542	3.10	0.3220	3.20	0.04312	0.61	0.192
5	23.11	1.4	0.0546	6.10	0.3260	6.20	0.04328	1.40	0.224
12	23.08	0.87	0.0588	6	0.3510	6.00	0.04333	0.87	0.143
2	23.03	0.68	0.0531	4.50	0.3180	4.60	0.04342	0.68	0.148
2	22.83	0.8	0.0532	3.40	0.3210	3.50	0.04379	0.80	0.227
-2	22.81	1	0.0505	3.90	0.3060	4.00	0.04385	1.00	0.254
7	22.55	1.5	0.0562	5.60	0.3440	5.80	0.04434	1.50	0.257
6	22.19	0.54	0.0554	3.10	0.3440	3.20	0.04507	0.54	0.171
5	18.8	0.57	0.0563	3.60	0.4130	3.60	0.05318	0.57	0.156
15	17.23	2.7	0.0635	11	0.5080	11.00	0.05800	2.70	0.242
12.9	3.6155	0.23	0.10857	0.7	4.1	0.7	0.3	0.2	0.3
0	3.097	0.48	0.1104	1.40	4.9110	1.40	0.32280	0.48	0.330
0	2.9829	0.32	0.11415	0.72	5.2760	0.79	0.33520	0.32	0.408
-1	2.969	0.43	0.1136	0.99	5.2740	1.10	0.33680	0.43	0.396
0	2.2813	0.41	0.1488	0.66	8.9930	0.78	0.43830	0.41	0.522



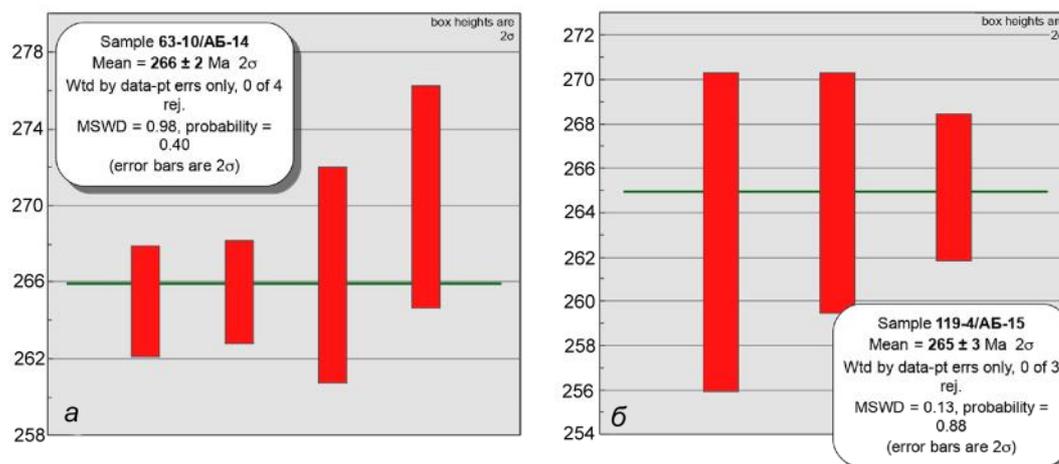
**Рис. 4.** Катодолуминесцентные изображения цирконов из гижигинской свиты.

Номера точек соответствуют номерам в таблице. *a* – зерна цирконов из образца 63-10/АВ-14, *б* – зерна цирконов из образца 119-4/АВ-15. Размер масштабной линейки – 50 мкм; *в* – зерна цирконов, по которым был рассчитан средневзвешенный возраст для вышеупомянутых образцов. Размер масштабной линейки – 100 мкм.

Из диамиктита выделено двадцать зерен цирконов, три из них (3.1, 12.1, 16.1, 2.1) не подходят под критерии отбора дискордантных дат и поэтому в дальнейшем обсуждении не участвуют. Остальные изученные зерна можно разделить на две группы: первая (допермская), представлена пятью зернами. Четыре из них имеют возраст от  $2332 \pm 11$  до  $1805 \pm 25$  млн лет. Размер этих зерен варьирует от 100 до 180 мкм, они обладают неясно выраженной зональностью, обломаны, плохо окатаны, преимущественно

короткопризматической формы. Содержание U – от 148 до 309 г/т, Th – от 60 до 159 г/т, Th/U – от 0.27 до 0.53 г/т. Одно зерно каменноугольного возраста ( $334 \pm 1.8$  млн лет) имеет размер 139 мкм, слабо выраженную зональность, короткопризматическую форму, содержание U – 576 г/т, Th – 19 г/т, Th/U – 0.03 г/т.

Вторая группа (12 зерен) представлена пермской популяцией с возрастным интервалом от  $284.2 \pm 1.5$  до  $263.2 \pm 3.7$  млн лет. Размер зерен от 90 до 300 мкм,



**Рис. 5.** Оценка средневзвешенного возраста для образца 63-10/АБ-14 из нижней части гижигинской свиты (а) и образца 119-4/АБ-15 из средней части гижигинской свиты (б).

они зональные, некоторые зерна с тонкой осцилляторной зональностью, идиоморфные, как удлиненно-призматической, так и короткопризматической формы, местами со следами корродирования. Содержание U – от 72 до 584 г/т, Th – от 63 до 901 г/т, Th/U – от 0.65 до 2.03 г/т.

Оценка возраста образца проведена по трем самым молодым цирконам (рис. 4), характеризующимся идиоморфной формой и тонкой осцилляторной зональностью без следов абразии. Таким образом, средневзвешенный  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  возраст для этих трех молодых зерен составляет  $265 \pm 3$  млн лет, СКВО 0.13, вероятность 0.88 (рис. 5).

#### ОБСУЖДЕНИЯ И ВЫВОДЫ

По фаунистическим данным [2, 3, 11] гижигинская свита и соответствующий ей одноименный региональный горизонт коррелируется с кепитенским ярусом МСШ, возраст нижней границы которого в настоящее время оценивается в  $265.1 \pm 0.4$  млн лет [14]. Кепитенский ярус является самым верхним ярусом среднего (гваделупского) отдела пермской системы, тогда как его аналог в ОСШ – северодвинский ярус – рассматривается в качестве нижнего яруса верхнепермского отдела [4, 11].

Полученный нами средневзвешенный  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  возраст  $266 \pm 2$  млн лет для туффита из нижней части свиты в разрезе на р. Русская-Омолонская с учетом ошибки соответствует, согласно последнему варианту МСШ [13], пограничному положению между средней частью вордского и нижней частью кепитенского ярусов. Самая молодая датировка (зерно 4.2) имеет возраст  $265 \pm 1.5$  млн лет, что с учетом ошибки примерно определяет нижнюю границу ке-

питенского яруса и хорошо согласуется со стратиграфическим положением образца в низах гижигинской свиты.

Оценка средневзвешенного  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  возраста для диамиктита из средней части свиты разреза по руч. Водопадному в  $265 \pm 3$  млн лет, с учетом ошибки, указывает на диапазон от средней части вордского до верхней части кепитенского ярусов. Самое молодое зерно (1.1) датированной пермской популяции имеет возраст  $263.2 \pm 3.7$  млн лет, что соответствует средней части кепитенского яруса МСШ и также хорошо согласуется со стратиграфическим положением датированного образца.

Несмотря на то, что количество изученных детритовых цирконов невелико, можно отметить, что в обоих образцах присутствуют неархейские, палеопротерозойские, каменноугольные, ниже- и среднепермские зерна, что позволяет предположить возможные источники их происхождения. Поскольку рассеянные обломки в породе имеют преимущественно остроугольную форму, это свидетельствует о достаточно близком источнике сноса материала. Самый древний интервал, неархей–палеопротерозой, указывает на размыв пород фундамента Омолонского массива. Наличие детритовых цирконов каменноугольного возраста может говорить о размыве вулканических пород кедонской серии (средний девон–ранний карбон). Присутствие многочисленных пермских зерен, в том числе явно инситуальных цирконов среднепермского возраста, свидетельствует об их привносе из недалеко расположенного источника. Очевидно, им является Охотско-Тайгоноская вулканическая дуга, реконструированная к юго-востоку (в современных координатах) от Омолонского массива [1].

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны В.В. Акинину за консультации в интерпретации результатов датирования цирконов и рецензентам за конструктивные замечания.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 20-05-00604, а также в рамках Государственной программы повышения конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по договору № 14.Y26.31.0029 в рамках реализации постановления Правительства Российской Федерации № 220..

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бяков А.С., Прокопьев А.В., Кутыгин Р.В., Ведерников И.Л., Будников И.В. Геодинамические обстановки формирования пермских седиментационных бассейнов Верхояно-Колымской складчатой области // Отеч. Геология. 2005. № 5. С. 81–85.
2. Бяков А.С. Зональная стратиграфия, событийная корреляция, палеобиогеография перми Северо-Востока Азии (по двустворчатым моллюскам). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2010. 262 с.
3. Бяков А.С. Новая зональная схема пермских отложений Северо-Востока Азии по двустворчатым моллюскам. Статья 1. Зональное расчленение // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 5. С. 13–40.
4. Бяков А.С. Новая зональная схема пермских отложений Северо-Востока Азии по двустворчатым моллюскам. Статья 2. Вопросы корреляции // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 1. С. 3–17.
5. Бяков А.С., Ногасек М., Горячев Н.А., Ведерников И.Л., Захаров Ю.Д. Первая детальная запись  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  пограничных пермо-триасовых отложениях Колымо-Омолонского региона (Северо-Восток Азии) // Докл. АН. 2017. Т. 474, № 3. С. 347–350.
6. Бяков А.С., Шпикерман В.И., Ведерников И.Л., Толмачева Е.В. Первые результаты U-PbSIMS датирования цирконов из вучапинских (верхняя пермь) отложений Северо-Востока России: значение для межрегиональных корреляций // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2017. Т. 25, № 3. С. 19–28.
7. Бяков А.С., Горячев Н.А., Ведерников И.Л., Брынько И.В., Толмачева Е.В. Новые результаты U-Pb SHRIMP датирования цирконов из верхневучапинских (верхняя пермь) отложений Северо-Востока России // Докл. АН. 2017. Т. 477, № 3. С. 331–336.
8. Бяков А.С., Ведерников И.Л., Брынько И.В. На пути совершенствования Региональной стратиграфической шкалы перми Северо-Востока России: результаты и достижения последних лет // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2020. № 1. С. 47–56.
9. Кашик Д.С., Ганелин В.Г., Караваева Н.И., Бяков А.С., Миклухо-Маклай О.А., Стукалина Г.А., Ложкина Н.В., Дорофеева Л.А., Бурков Ю.К., Гутенева Е.И., Смирнова Л.Н. Опорный разрез перми Омолонского массива. Л.: Наука, 1990. 200 с.
10. Davydov V.I., Biakov A.S., Schmitz M.D., Silantiev V.V. Radioisotopic calibration of the Guadalupian Series: review and updates // Earth-Sci. Rev. 2018. V. 176. P. 222–240.
11. Ganelin V.G., Biakov A.S. The Permian biostratigraphy of the Kolyma-Omolon region, Northeast Asia // J. Asian Earth Sci. 2006. V. 26, N 3–4. P. 225–234.
12. Griffin W.L., Powell W.J., Pearson N.J., O'Reilly S.Y. GLITTER: data reduction software for laser ablation ICP-MS / Ed. P.J. Sylvester. Laser ablation ICP-MS in the Earth sciences: Current practices and outstanding issues // Mineral. Assoc. Canada. Short Course, 2008. V. 40. P. 308–311.
13. Ludwig K.R. Isoplot 3.00 // Berkeley Geochronology Center Spec. Publ. 2003. N 4. P. 1–70.
14. Permian Timescale // Permfiles. 2020. Iss. 68. P. 51.
15. Williams I.S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe: applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes // Rev. Econ. Geol. 1998. V. 7. P. 1–35.

Рекомендована к печати Л.И. Попеко

после доработки 25.08.2020 г.

принята к печати 24.09.2020 г.

*I.V. Brynko, G.O. Polzunenkov, A.S. Biakov, I.L. Vedernikov*

**The first u-Pb shrimp dating of zircons from capitanian (middle permian) deposits of the Omolon massif (North-East Russia)**

U-Pb dating of zircons from two samples of stratotype sections of the Gizhiga Formation of the Middle Permian of the Omolon Massif was first performed. Weighted average age are  $266 \pm 2$  and  $265 \pm 3$  Ma taking into account the error, are consistent with Capitanian age previously established by paleontological determination. The presence of a detrital zircon population made it allowed to identify a several sources in the Omolon Basin. Pre-Permian zircons are associated with erosion of basement deposits of the Omolon Massif, and the Middle Paleozoic volcanic rocks of the Kedon series and Permian population of zircons linked with volcanic activity of the Okhotsk-Taigonos volcanic arc.

**Key words:** Regional Stratigraphic Scale, Permian, U-Pb SHRIMP dating of zircons, Omolon massif, Northeast Russia.