

УДК 551.71/.72

ВОЗРАСТ И ИСТОЧНИКИ СНОСА ПОРОД ЧЕТЛАССКОЙ СЕРИИ (РИФЕЙ) СРЕДНЕГО ТИМАНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ U–Th–Pb (LA-ICP-MS) ДАТИРОВАНИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ЦИРКОНОВ

© 2021 г. Е. А. Брусницына^{1, *}, В. Б. Ершова^{2, 4, **}, А. К. Худoley², Т. Андерсон³, А. В. Маслов^{4, 5}

¹Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³The University of Oslo, Department of Geological Sciences, Oslo, Norway

⁴Геологический институт РАН, Москва, Россия

⁵Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*e-mail: brusnicyna@yandex.ru

**e-mail: v.ershova@spbu.ru

Поступила в редакцию 03.12.2019 г.

После доработки 17.02.2021 г.

Принята к публикации 16.03.2021 г.

U–Th–Pb (LA-ICP-MS) датирование обломочных цирконов из метатерригенных пород четласской серии верхнего докембрия Среднего Тимана (светлинская, новобобровская и визингская свиты) позволило реконструировать источники обломочного материала и установить максимальный возраст формирования этих отложений (середина–конец среднего рифея). Выяснено, что в изученных терригенных породах присутствуют цирконы с архейско-раннепротерозойскими, ранне- и среднерифейскими возрастными. Источником зерен цирконов с дорифейскими и раннерифейскими возрастными могли выступать породы, слагающие фундамент Восточно-Европейской платформы (Балтики). Присутствие в составе популяций обломочных цирконов во всех трех свитах существенной доли зерен среднерифейского возраста указывает на значительную роль Свеконорвежско-Гренвилльского орогена в качестве источника обломочного материала для осадочных толщ Среднего Тимана. Полученные данные вместе с опубликованными сведениями о возрасте обломочных цирконов в породах верхнего докембрия Среднего Тимана и ряда других регионов северной и восточной (в современных координатах) периферии Балтики позволяют предполагать значительно более широкое распространение Свеконорвежско-Гренвилльского орогена, чем это принято в настоящее время.

Ключевые слова: Средний Тиман, рифей, четласская серия, обломочные цирконы

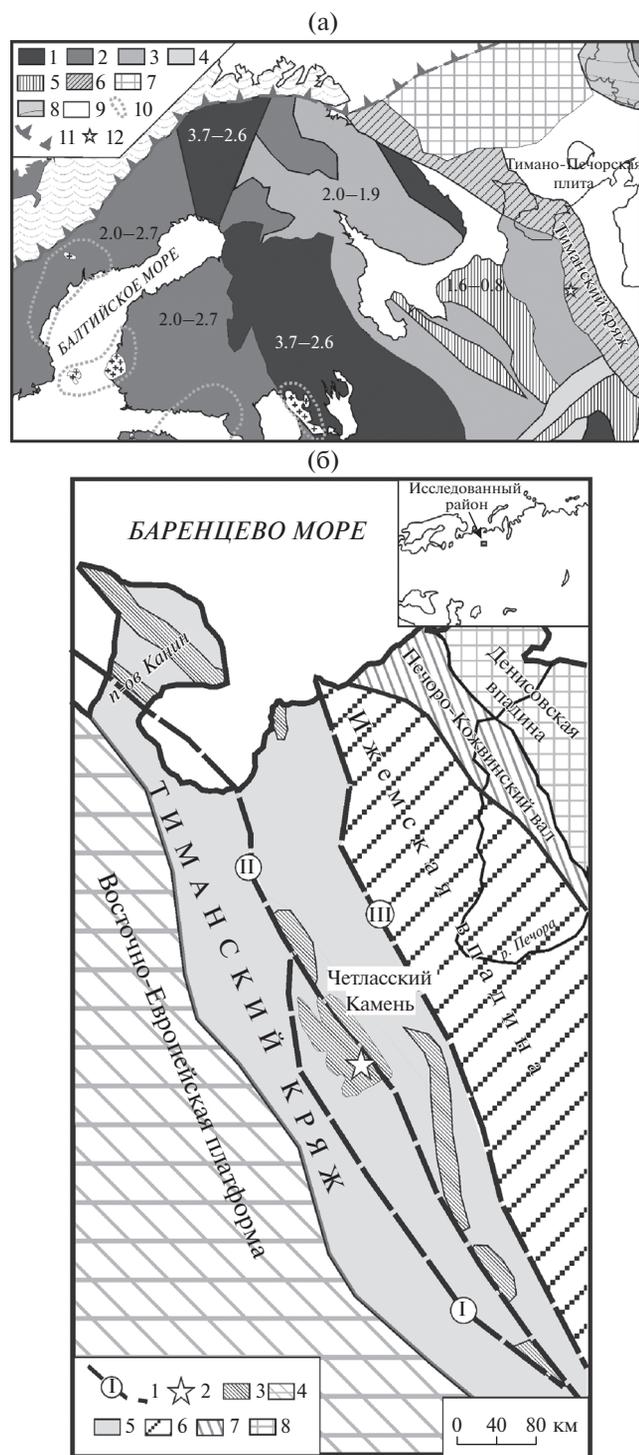
DOI: 10.31857/S0869592X21060028

ВВЕДЕНИЕ

U–Th–Pb датирование обломочных цирконов позволяет, в отличие от традиционных методов лито- и биостратиграфии, получить информацию не только об истории формирования и возрасте осадочных толщ, но и о возрасте пород в источниках обломочного материала. Датирование обломочных цирконов успешно применяется также для расчленения и корреляции толщ, особенно докембрийских (Андреичев и др., 2013; Ивлева и др., 2016; Malone et al., 2016; Ershova et al., 2019). Возраст самого молодого максимума на кривой относительной вероятности и/или самого молодого зерна из датированной популяции обломочных цирконов часто используется для определения нижней возрастной границы различных лито-стратиграфических подразделений, и это позво-

ляет восстановить стратиграфическую последовательность немых осадочных толщ (Dickinson, Gehrels, 2009; Купцова и др., 2011; Coutts et al., 2019; Johnstone et al., 2019).

Целями настоящей работы являются реконструкция источников обломочного материала, а также уточнение временного интервала формирования и последовательности терригенных отложений Среднего Тимана (рис. 1а, 1б) на основе датирования обломочных цирконов, изучения их морфологии и количественной характеристики петрографического состава песчаников. Предшествующие работы, основанные на U–Th–Pb датировании обломочных цирконов, показали, что источником обломочного материала служили в основном выступы архейско-раннепротерозойского фундамента Восточно-Европейской платформы



и породы Свеконорвежско-Гренвилльского орогена (Kuznetsov et al., 2010; Андреичев и др., 2013, 2014; Государственная..., 2016; Удоратина и др., 2017; Соболева и др., 2019). Выполненное комплексное исследование, включающее, наряду с U–Th–Pb датированием обломочных цирконов, изучение их морфологии и количественную харак-

Рис. 1. Тектоническая схема северной части Восточно-Европейской платформы (а), по (Vogdanova et al., 2008; Ларин, 2009), с упрощениями и схема строения фундамента Печорской плиты и ее обрамления (б), по (Оловянишников, 1988), с упрощениями.

(а): 1–4 – архей-протерозойские блоки фундамента Балтики; 5 – авлакогены и бассейны осадконакопления внутренней части пассивной окраины Балтики; 6 – Тиманский кряж; 7 – Баренцевоморская плита; 8 – Пайхой-Новоземельская складчатая область; 9 – Печорская плита; 10 – область распространения гранитов рапакиви с возрастом 1500–1600 млн лет; 11 – фронт каледонской складчатой области; 12 – места отбора образцов для U–Pb датирования обломочных цирконов. (б): 1 – разломы (I – Западно-Тиманский, II – Центрально-Тиманский, III – Восточно-Тиманский); 2 – место отбора образцов для U–Pb датирования обломочных цирконов; 3 – выходы докембрийских пород на дневную поверхность; 4 – северо-восточная часть Восточно-Европейской платформы; 5 – Тиманская гряда; 6 – Ижемская впадина; 7 – Печоро-Кожвинский вал; 8 – Денисовская впадина.

теристику петрографического состава песчаников, позволило уточнить выводы предшественников.

КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Тиманский кряж протягивается в северо-западном направлении на расстоянии около 1000 км от Колво-Вишерского края до Чёшской губы Баренцева моря и выделяется в рельефе в виде ряда сильно эродированных возвышенностей (рис. 1б). В пределах наиболее значительных из них, известных на Тимане под названием “каменей”, обнажаются в разной степени метаморфизованные докембрийские комплексы, пронизанные разновозрастными интрузиями (Оловянишников, 1998). Интрузивные тела основного состава (габбродолериты), прорывающие рифейские толщи, в большинстве имеют позднедевонский возраст, но присутствуют и единичные рифейские дайки (Государственная..., 2016). В настоящей работе рассматривается Четласский Камень, в пределах которого на дневную поверхность выведены породы среднего (четлаская серия) и верхнего (быстринская серия) рифея (рис. 2).

Четлаская серия на одноименном Камне объединяет светлинскую, новобобровскую и визингскую свиты (Гецен, 1987; Оловянишников, 1998). Светлинская свита, по данным предшествующих работ (Оловянишников, 1998) и наших полевых наблюдений, подразделяется на две подсвиты. Нижняя представлена в основном слюдисто-кварцевыми и полевошпат-кварцево-слюдистыми сланцами с подчиненным количеством метапесчаников, а верхняя сложена метапесчаниками, среди которых присутствуют пачки переслаивания слюдисто-кварцевых сланцев и метаалевролитов. Новобобровская свита состоит из кварц-хлорит-серицитовых сланцев и метаалевролитов с прослоями метапесчаников. Визингская свита характеризуется

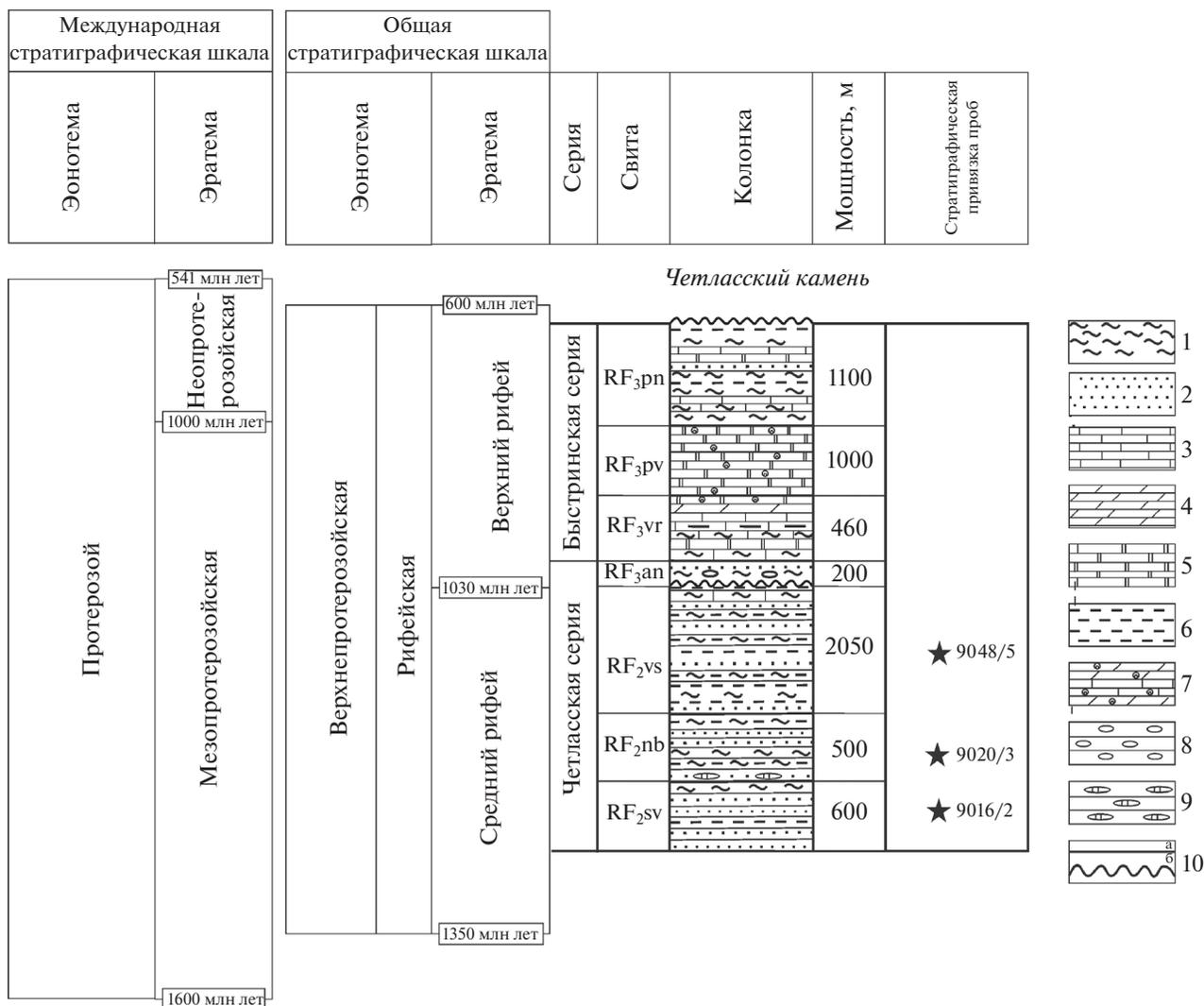


Рис. 2. Сводный стратиграфический разрез отложений рифея (Оловянишников, 1988; Государственная..., 2016) Четласского Камня и положение образцов, из которых выделены и исследованы обломочные цирконы (показано звездочками).

1 – сланцы; 2 – метапесчаники; 3 – известняки; 4 – мергели; 5 – доломиты; 6 – метаалевролиты; 7 – известняки и доломиты со строматолитами; 8 – конгломераты; 9 – прослой кремней; 10 – стратиграфические границы (а – согласные, б – несогласные). Свиты: RF₂sv – светлинская; RF₂nb – новобобровская; RF₂vs – визингская; RF₃an – аньюгская; RF₃vr – ворыквинская; RF₃pv – павьюгская; RF₃pn – паунская.

Общая стратиграфическая (геохронологическая) шкала приведена по состоянию на 2019 г. (http://www.vsegei.com/ru/info/stratigraphy/stratigraphic_scale/); Международная стратиграфическая шкала – согласно версии 30-04-2020 (www.stratigraphy.org). Однако, согласно представлениям (Семихатов и др., 2015), возраст нижних границ среднего рифея и венда предлагается считать как 1400 и 640 млн лет.

ритмично переслаивающимися пачками кварц-хлорит-серицитовых сланцев, метаалевролитов и метапесчаников.

Быстринская серия, обнажающаяся вдоль северо-восточной границы Четласского выступа, преимущественно сложена карбонатными породами. К быстринской серии относятся ворыквинская, павьюгская и паунская свиты, для которых характерно переслаивание доломитов, мергелей, известковых сланцев, строматолитовых известняков. В верхней части разреза (паунская свита)

породы представлены сланцами кварц-серицит-хлоритового состава, метапесчаниками.

Считается (Гецен, 1987), что накопление отложений четласской серии происходило в шельфовых обстановках, а породы перекрывающей ее быстринской серии слагали крупный рифовый пояс.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы, результаты исследования которых представлены в данной работе, характеризуют

Таблица 1. Список образцов терригенных пород четласской серии с координатами мест их отбора

| Номер образца | Координаты мест отбора образцов | Свита |
|---------------|--------------------------------------|----------------|
| 9048/5 | 64°18'46.3" с.ш. 50°37'32.1" в.д. | Визингская |
| 9020/3 | 64°23'56.3" с.ш. 50°51'07.7" в.д. | Новобобровская |
| 9016/2 | 64°22'22.2" с.ш. 50°50'48.3" в.д. | Светлинская |

породы четласской серии, обнажающиеся в междуречье Мезени и Выми. Метапесчаники визингской свиты отобраны из разреза в верхнем течении р. Косью (правый приток р. Мезень), метаалевропесчаники новобобровской свиты и метапесчаники светлинской свиты представляют разрез в самых верховьях р. Мезень (табл. 1). Положение исследованных образцов в разрезе показано на рис. 2.

При изучении петрографического состава песчаников и построении диаграмм $Q-F-L^1$ использован метод Гацци–Дикинсона (Dickinson, 1970; Ingersoll et al., 1984), основанный на подсчете не менее 300 обломочных зерен, исключая матрикс и/или цемент (шлиф при подсчете передвигается с помощью препаратоводителя на равные расстояния, и подсчитываются зерна, находящиеся на перекрестии окулярных нитей). Подсчет в рамках указанного метода зерен лититового состава имеет свою специфику: так, если в обломочной фракции песчаников присутствуют обломки гранита, сложенные кварцем и полевым шпатом, размеры которых больше алевритовых, то они учитываются как кварц и полевой шпат, а не как обломок породы (гранита) (Dickinson, 1970; Ingersoll et al., 1984). В то же время в изученных нами образцах такие зерна составляют незначительное количество, и для интерпретации состава метапесчаников мы использовали как классическую классификационную диаграмму $Q-F-L$ Ф. Дж. Петтиджона (Pettijohn, 1975), так и диаграмму $Q-F-L$ В. Дикинсона с соавторами (Dickinson et al., 1983).

Подготовка образцов и выделение из них обломочных цирконов проведены в ИГГД РАН (Санкт-Петербург) по стандартной методике. Мономинеральные фракции цирконов исследованы под микроскопом в отраженном и проходящем свете, выполнено также изучение внутреннего строения цирконов в режиме катодolumинесценции (рис. 3).

U–Th–Pb LA-ICP-MS датирование цирконов проведено в Университете г. Осло на масс-спектрометре Nu Plasma HR с лазером CETAC Nd-YAG 213. Величины изотопных отношений и возрастов приведены с погрешностью на уровне 1σ. Диаметр

¹ Здесь Q – кварц, F – полевые шпаты, L – обломки пород.

кратера не превышал 40 мкм. Калибровка выполнена по стандартам GJ1 ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = 601.7 \pm 1.3$ млн лет, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 607 \pm 4$ млн лет; Jackson et al., 2004), 91500 (1065 ± 1 млн лет; Wiedenbeck et al., 1995) и A382 (1877 ± 2 млн лет; Nuhma et al., 2012). Детальная процедура проведения анализов описана в публикациях (Andersen et al., 2009, 2019; Rosa et al., 2009). Все изученные обломочные цирконы древнее 1 млрд лет (табл. 2), и в дальнейших обсуждениях за возраст цирконов нами принимается возраст, рассчитанный по отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Построение графиков распределения плотности вероятности возрастов произведено с помощью программы DensityPlotter (Vermeesch, 2012), при этом учитывались только те определенные возраста, дискордантность которых находилась в пределах $\pm 10\%$. Результаты U–Th–Pb датирования цирконов приведены в табл. 2 и на рис. 4.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Петрографическое исследование метаосадочных пород четласской серии (рис. 5) показало, что песчаники светлинской свиты по своему составу отвечают лититовым аренитам до сублитаренитам, тогда как в песчаниках новобобровской и визингской свит обломки полевых шпатов преобладают над обломками пород и состав песчаников варьирует от аркозов до кварцевых аренитов (рис. 6а). На диаграмме $Q-F-L$ (Dickinson et al., 1983) точки составов метапесчаников светлинской и метаалевропесчаников новобобровской свит сосредоточены преимущественно в области продуктов размыва орогенных комплексов (рис. 6б), в то время как точки метапесчаников визингской свиты присутствуют как в области продуктов размыва поднятий фундамента, так и, в меньшей степени, в области продуктов эрозии орогенных комплексов.

Большинство обломочных зерен циркона из метатерригенных пород четласской серии имеют удлиненную форму, их размеры варьируют от 70 до 200 мкм. Некоторые зерна сохранили фрагменты первичных граней, однако большинство имеют угловатую и среднекатанную форму. В режиме катодolumинесценции значительная часть зерен характеризуется наличием отчетливой осцилляторной

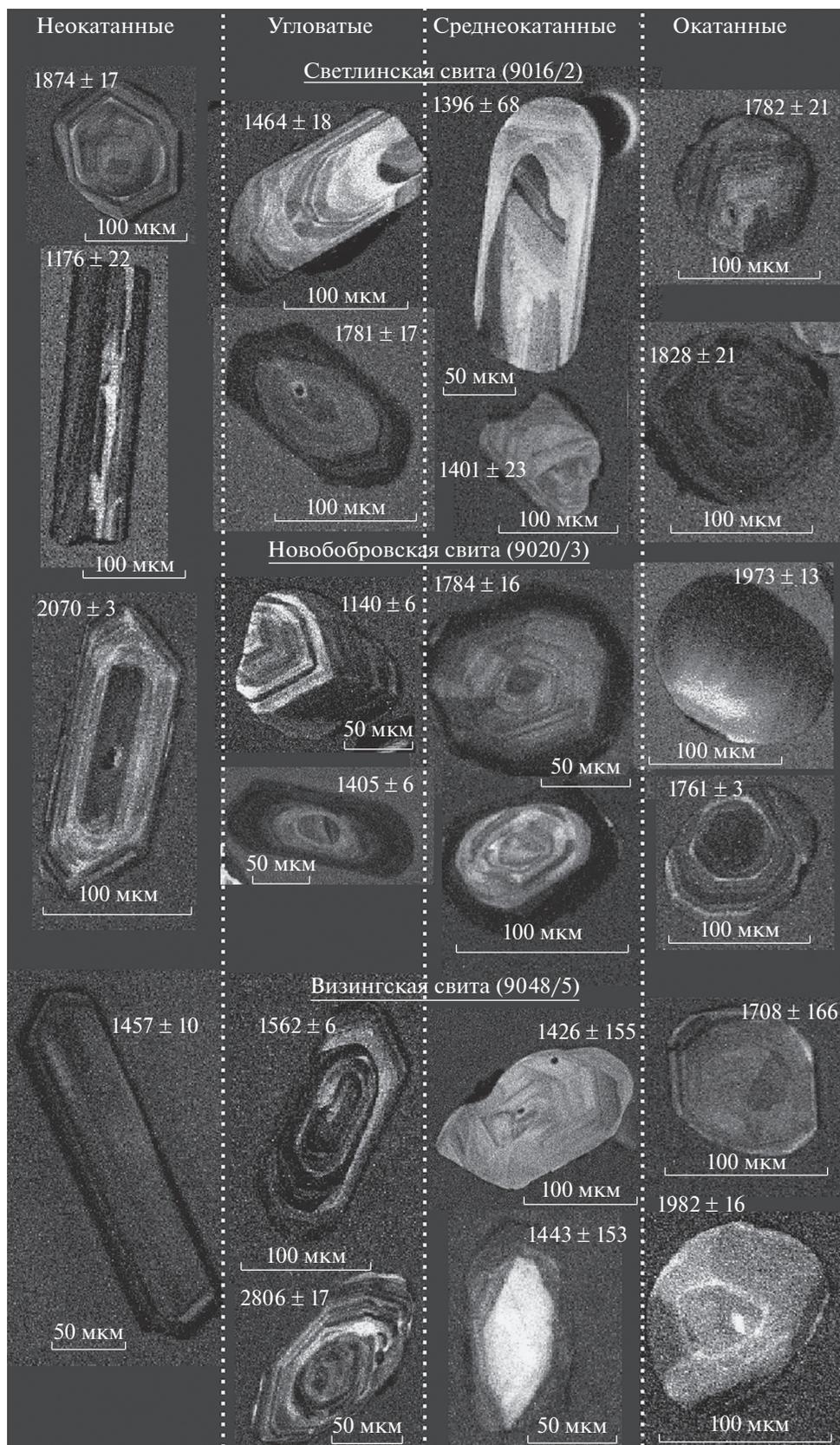


Рис. 3. Морфология и внутреннее строение кристаллов обломочных цирконов из метатерригенных пород светлинской, новобобровской и визингской свит четлаской серии с указанием класса окатанности и возраста (млн лет).

Таблица 2. Результаты U—Th—Pb LA-ICP-MS исследований обломочных цирконовых пород чеглакской серии

| Номер точки | U, мкг/г | ²⁰⁶ Pb, мкг/г | ²⁰⁶ Pb _c , % | ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb | Изотопные отношения | | | | Возраст, млн лет | | | | | D, % | | | | |
|-----------------------|----------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------|--------------------------------------|-----|------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|-----|
| | | | | | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | Rho | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±1σ | | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ |
| Образец 9016/2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9016_2-01 | 159 | 51.00 | 0.17 | 16811 | 0.1176 | 0.0031 | 5.0864 | 0.1607 | 0.3136 | 0.0057 | 0.571 | 1921 | 45 | 1834 | 27 | 1758 | 28 | -9 |
| 9016_2-06 | 148 | 43.00 | 0.00 | 10999 | 0.1054 | 0.0026 | 4.0887 | 0.1282 | 0.2813 | 0.0054 | 0.617 | 1722 | 43 | 1652 | 26 | 1598 | 27 | -8 |
| 9016_2-07 | 171 | 56.30 | 0.20 | 6900 | 0.1146 | 0.0029 | 4.9629 | 0.1628 | 0.3141 | 0.0064 | 0.626 | 1874 | 46 | 1813 | 28 | 1761 | 32 | -6 |
| 9016_2-08 | 152 | 56.40 | 1.20 | 1717 | 0.1207 | 0.0033 | 5.7108 | 0.1997 | 0.3431 | 0.0076 | 0.633 | 1967 | 47 | 1933 | 30 | 1902 | 36 | -3 |
| 9016_2-09 | 443 | 128.60 | 0.00 | 36542 | 0.1002 | 0.0024 | 3.8451 | 0.1222 | 0.2783 | 0.0057 | 0.644 | 1628 | 41 | 1602 | 26 | 1583 | 29 | -3 |
| 9016_2_11 | 300 | 122.40 | 0.00 | 1215 | 0.1204 | 0.0047 | 5.6352 | 0.3537 | 0.3395 | 0.0167 | 0.786 | 1962 | 66 | 1921 | 54 | 1884 | 81 | -4 |
| 9016_2_12 | 638 | 172.30 | 0.00 | 13775 | 0.0823 | 0.0031 | 2.6427 | 0.1620 | 0.2330 | 0.0112 | 0.784 | 1252 | 75 | 1313 | 45 | 1350 | 59 | 7 |
| 9016_2_13 | 463 | 128.00 | 1.50 | 1033 | 0.0830 | 0.0031 | 2.7811 | 0.1702 | 0.2429 | 0.0117 | 0.786 | 1270 | 72 | 1350 | 46 | 1402 | 61 | 9 |
| 9016_2_14 | 86 | 23.40 | 0.00 | 6965 | 0.0886 | 0.0033 | 3.0670 | 0.1873 | 0.2510 | 0.0121 | 0.788 | 1396 | 68 | 1424 | 47 | 1444 | 62 | 3 |
| 9016_2_16 | 581 | 135.30 | 0.00 | 39800 | 0.0808 | 0.0030 | 2.5371 | 0.1495 | 0.2278 | 0.0104 | 0.775 | 1216 | 71 | 1283 | 43 | 1323 | 55 | 8 |
| 9016_2_17 | 287 | 65.80 | 0.00 | 31305 | 0.0834 | 0.0031 | 2.6743 | 0.1582 | 0.2327 | 0.0107 | 0.776 | 1278 | 69 | 1321 | 44 | 1349 | 56 | 5 |
| 9016_2_18 | 53 | 14.30 | 0.00 | 4098 | 0.0956 | 0.0036 | 3.6981 | 0.2347 | 0.2807 | 0.0144 | 0.806 | 1539 | 70 | 1571 | 51 | 1595 | 72 | 4 |
| 9016_2_20 | 145 | 39.30 | 0.00 | 9942 | 0.0990 | 0.0037 | 4.0273 | 0.2381 | 0.2949 | 0.0134 | 0.769 | 1606 | 70 | 1640 | 48 | 1666 | 67 | 4 |
| 9016_2-25 | 366 | 113.00 | 0.85 | 1704 | 0.0935 | 0.0009 | 3.2851 | 0.1844 | 0.2549 | 0.0141 | 0.987 | 1497 | 17 | 1478 | 44 | 1464 | 73 | -2 |
| 9016_2-26 | 200 | 56.00 | 0.00 | 16423 | 0.0860 | 0.0007 | 2.7887 | 0.1511 | 0.2353 | 0.0126 | 0.988 | 1337 | 16 | 1353 | 41 | 1362 | 66 | 2 |
| 9016_2-27 | 325 | 92.60 | 0.06 | 21940 | 0.0857 | 0.0007 | 2.8226 | 0.1541 | 0.2388 | 0.0129 | 0.988 | 1332 | 16 | 1362 | 41 | 1381 | 67 | 4 |
| 9016_2-28 | 188 | 59.20 | 0.00 | 26910 | 0.0933 | 0.0008 | 3.3578 | 0.1924 | 0.2610 | 0.0148 | 0.989 | 1494 | 15 | 1495 | 45 | 1495 | 76 | 0 |
| 9016_2-29 | 403 | 147.90 | 0.96 | 1547 | 0.1062 | 0.0010 | 4.3569 | 0.2841 | 0.2976 | 0.0192 | 0.989 | 1735 | 17 | 1704 | 54 | 1679 | 95 | -3 |
| 9016_2-30 | 200 | 73.70 | 0.04 | 39062 | 0.1066 | 0.0010 | 4.4119 | 0.2824 | 0.3002 | 0.0190 | 0.990 | 1742 | 16 | 1715 | 53 | 1692 | 94 | -3 |
| 9016_2-31 | 384 | 109.70 | 0.00 | 34483 | 0.0860 | 0.0007 | 2.8273 | 0.1605 | 0.2385 | 0.0134 | 0.989 | 1337 | 15 | 1363 | 43 | 1379 | 70 | 3 |
| 9016_2-32 | 165 | 66.40 | 0.00 | 56767 | 0.1146 | 0.0011 | 5.1320 | 0.3501 | 0.3248 | 0.0219 | 0.990 | 1874 | 17 | 1841 | 58 | 1813 | 107 | -3 |
| 9016_2-33 | 155 | 58.90 | 0.00 | 18960 | 0.1088 | 0.0010 | 4.6040 | 0.3041 | 0.3071 | 0.0201 | 0.990 | 1779 | 16 | 1750 | 55 | 1726 | 99 | -3 |
| 9016_2-34 | 325 | 72.20 | 0.00 | 22751 | 0.0781 | 0.0006 | 2.1531 | 0.1159 | 0.1999 | 0.0106 | 0.989 | 1150 | 16 | 1166 | 37 | 1175 | 57 | 2 |
| 9016_2-35 | 123 | 52.80 | 0.00 | 22111 | 0.1221 | 0.0012 | 5.7502 | 0.4132 | 0.3416 | 0.0243 | 0.990 | 1987 | 17 | 1939 | 62 | 1894 | 117 | -5 |
| 9016_2-37 | 262 | 87.20 | 0.00 | 26426 | 0.0967 | 0.0009 | 3.6027 | 0.2291 | 0.2704 | 0.0170 | 0.990 | 1560 | 16 | 1550 | 51 | 1543 | 86 | -1 |
| 9016_2-39 | 195 | 58.40 | 0.00 | 33958 | 0.0907 | 0.0008 | 3.0569 | 0.1871 | 0.2443 | 0.0148 | 0.990 | 1441 | 16 | 1422 | 47 | 1409 | 77 | -2 |
| 9016_2-41 | 81 | 24.30 | 0.00 | 15076 | 0.0926 | 0.0009 | 3.0970 | 0.1913 | 0.2427 | 0.0148 | 0.988 | 1479 | 17 | 1432 | 47 | 1401 | 77 | -6 |
| 9016_2-42 | 100 | 30.50 | 0.00 | 28367 | 0.0919 | 0.0009 | 3.0371 | 0.1740 | 0.2398 | 0.0136 | 0.986 | 1464 | 18 | 1417 | 44 | 1386 | 70 | -6 |
| 9016_2-43 | 363 | 120.70 | 0.84 | 1966 | 0.1049 | 0.0011 | 3.9919 | 0.3047 | 0.2761 | 0.0209 | 0.990 | 1712 | 20 | 1633 | 62 | 1572 | 105 | -9 |
| 9016_2-44 | 241 | 111.00 | 0.01 | 59581 | 0.1277 | 0.0013 | 6.2243 | 0.4900 | 0.3555 | 0.0276 | 0.991 | 2066 | 18 | 2008 | 69 | 1951 | 131 | -9 |
| 9016_2-45 | 317 | 123.20 | 0.44 | 3192 | 0.1089 | 0.0010 | 4.5391 | 0.3217 | 0.3023 | 0.0212 | 0.991 | 1781 | 17 | 1738 | 59 | 1703 | 105 | -5 |
| 9016_2-46 | 184 | 51.50 | 0.00 | 22690 | 0.0866 | 0.0008 | 2.6951 | 0.1662 | 0.2258 | 0.0138 | 0.990 | 1351 | 17 | 1327 | 46 | 1312 | 72 | -3 |
| 9016_2-47 | 293 | 91.00 | 0.21 | 5869 | 0.0923 | 0.0008 | 3.1398 | 0.2081 | 0.2467 | 0.0162 | 0.991 | 1474 | 16 | 1442 | 51 | 1421 | 84 | -4 |
| 9016_2-48 | 150 | 91.10 | 0.00 | 65166 | 0.1716 | 0.0021 | 10.471 | 1.0557 | 0.4425 | 0.0443 | 0.992 | 2574 | 20 | 2477 | 93 | 2362 | 198 | -9 |
| 9016_2-49 | 257 | 104.50 | 0.00 | 5223 | 0.1158 | 0.0011 | 5.0200 | 0.3829 | 0.3144 | 0.0238 | 0.992 | 1893 | 17 | 1823 | 65 | 1762 | 117 | -7 |
| 9016_2-50 | 321 | 174.10 | 0.00 | 17331 | 0.1852 | 0.0032 | 12.032 | 0.5033 | 0.4711 | 0.0180 | 0.911 | 2700 | 27 | 2607 | 39 | 2488 | 79 | -9 |
| 9016_2-52 | 249 | 83.90 | 0.00 | 23193 | 0.1071 | 0.0013 | 4.5115 | 0.1363 | 0.3056 | 0.0085 | 0.917 | 1750 | 21 | 1733 | 25 | 1719 | 42 | -2 |
| 9016_2-53 | 70 | 19.10 | 0.00 | 8317 | 0.0920 | 0.0011 | 3.1716 | 0.0947 | 0.2500 | 0.0069 | 0.923 | 1467 | 21 | 1450 | 23 | 1439 | 36 | -2 |
| 9016_2-54 | 1380 | 384.60 | 0.16 | 9263 | 0.0885 | 0.0010 | 3.1047 | 0.0857 | 0.2545 | 0.0064 | 0.917 | 1393 | 21 | 1434 | 21 | 1461 | 33 | 5 |
| 9016_2-55 | 520 | 187.10 | 0.00 | 23469 | 0.1098 | 0.0013 | 4.8977 | 0.1522 | 0.3235 | 0.0093 | 0.921 | 1796 | 22 | 1802 | 26 | 1807 | 45 | 1 |
| 9016_2-56 | 299 | 85.40 | 0.00 | 26825 | 0.0927 | 0.0010 | 3.3421 | 0.0932 | 0.2616 | 0.0067 | 0.916 | 1481 | 21 | 1491 | 22 | 1498 | 34 | 1 |

Таблица 2. Продолжение

| Номер точки | U, мкг/г | ²⁰⁶ Pb, мкг/г | ²⁰⁶ Pb _c , % | ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb | Изотопные отношения | | | | Rho | Возраст, млн лет | | | | | D, % | | | |
|-------------|----------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|------|------|----|-----|
| | | | | | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | | ±1σ | | |
| 9016_2-57 | 508 | 168.10 | 0.40 | 3613 | 0.1047 | 0.0012 | 4.3051 | 0.1277 | 0.2983 | 0.0081 | 0.917 | 1709 | 20 | 1694 | 24 | 1683 | 40 | -2 |
| 9016_2-58 | 171 | 59.10 | 0.00 | 34096 | 0.1090 | 0.0013 | 4.6939 | 0.1458 | 0.3124 | 0.0089 | 0.920 | 1782 | 21 | 1766 | 26 | 1752 | 44 | -2 |
| 9016_2-59 | 109 | 33.40 | 0.05 | 11351 | 0.0972 | 0.0012 | 3.7583 | 0.1172 | 0.2806 | 0.0081 | 0.923 | 1570 | 22 | 1584 | 25 | 1594 | 41 | 2 |
| 9016_2-61 | 39 | 11.10 | 0.00 | 4085 | 0.0929 | 0.0011 | 3.3917 | 0.1267 | 0.2647 | 0.0094 | 0.950 | 1486 | 22 | 1502 | 29 | 1514 | 48 | 2 |
| 9016_2-62 | 158 | 47.70 | 0.00 | 28687 | 0.0984 | 0.0011 | 3.7291 | 0.1086 | 0.2750 | 0.0074 | 0.920 | 1593 | 21 | 1578 | 23 | 1566 | 37 | -2 |
| 9016_2-63 | 317 | 118.10 | 0.00 | 39137 | 0.1155 | 0.0014 | 5.2933 | 0.1672 | 0.3325 | 0.0097 | 0.921 | 1887 | 21 | 1868 | 27 | 1851 | 47 | -2 |
| 9016_2-64 | 212 | 74.20 | 0.00 | 34474 | 0.1090 | 0.0013 | 4.7166 | 0.1447 | 0.3140 | 0.0089 | 0.920 | 1782 | 21 | 1770 | 26 | 1760 | 43 | -1 |
| 9016_2-65 | 544 | 168.90 | 0.13 | 10461 | 0.0963 | 0.0011 | 3.7118 | 0.1076 | 0.2794 | 0.0075 | 0.921 | 1555 | 21 | 1574 | 23 | 1588 | 38 | 2 |
| 9016_2-66 | 223 | 51.40 | 0.00 | 20654 | 0.0813 | 0.0009 | 2.3719 | 0.0610 | 0.2116 | 0.0050 | 0.910 | 1229 | 20 | 1234 | 18 | 1237 | 26 | 1 |
| 9016_2-67 | 291 | 99.80 | 0.00 | 44139 | 0.1051 | 0.0012 | 4.4606 | 0.1359 | 0.3078 | 0.0087 | 0.923 | 1716 | 21 | 1724 | 25 | 1730 | 43 | 1 |
| 9016_2-68 | 137 | 51.70 | 0.00 | 20710 | 0.1171 | 0.0015 | 5.4080 | 0.1758 | 0.3350 | 0.0100 | 0.922 | 1912 | 22 | 1886 | 28 | 1862 | 48 | -3 |
| 9016_2-70 | 174 | 72.30 | 0.00 | 48422 | 0.1271 | 0.0017 | 6.4258 | 0.2193 | 0.3668 | 0.0116 | 0.924 | 2058 | 22 | 2036 | 30 | 2014 | 55 | -2 |
| 9016_2-71 | 214 | 77.30 | 0.00 | 26307 | 0.1099 | 0.0013 | 4.8885 | 0.1521 | 0.3226 | 0.0093 | 0.923 | 1798 | 21 | 1800 | 26 | 1802 | 45 | 0 |
| 9016_2-72 | 313 | 115.20 | 0.00 | 71801 | 0.1118 | 0.0014 | 5.0540 | 0.1586 | 0.3279 | 0.0095 | 0.922 | 1828 | 21 | 1828 | 27 | 1828 | 46 | 0 |
| 9016_2-73 | 151 | 85.60 | 0.00 | 37838 | 0.1846 | 0.0031 | 12.301 | 0.5274 | 0.4832 | 0.0191 | 0.922 | 2695 | 27 | 2628 | 40 | 2541 | 83 | -6 |
| 9016_2-74 | 229 | 67.60 | 0.00 | 24669 | 0.0944 | 0.0011 | 3.4794 | 0.0992 | 0.2674 | 0.0070 | 0.919 | 1516 | 21 | 1523 | 22 | 1528 | 36 | 1 |
| 9016_2-76 | 176 | 51.60 | 0.00 | 15884 | 0.0938 | 0.0010 | 3.3980 | 0.0946 | 0.2629 | 0.0067 | 0.919 | 1503 | 20 | 1504 | 22 | 1504 | 34 | 0 |
| 9016_2-78 | 196 | 67.00 | 0.00 | 31052 | 0.1078 | 0.0013 | 4.5352 | 0.1404 | 0.3052 | 0.0087 | 0.925 | 1762 | 22 | 1737 | 26 | 1717 | 43 | -3 |
| 9016_2-79 | 174 | 62.50 | 0.00 | 24679 | 0.1100 | 0.0013 | 4.8499 | 0.1548 | 0.3197 | 0.0095 | 0.929 | 1800 | 22 | 1794 | 27 | 1788 | 46 | -1 |
| 9016_2-80 | 70 | 40.40 | 0.00 | 27430 | 0.1939 | 0.0033 | 13.042 | 0.5803 | 0.4877 | 0.0201 | 0.924 | 2776 | 27 | 2683 | 42 | 2561 | 87 | -8 |
| 9016_2-81 | 195 | 62.50 | 0.00 | 26105 | 0.1013 | 0.0012 | 4.0141 | 0.1200 | 0.2873 | 0.0079 | 0.925 | 1649 | 20 | 1637 | 24 | 1628 | 40 | -1 |
| 9016_2-83 | 171 | 39.00 | 0.00 | 23226 | 0.0812 | 0.0009 | 2.3449 | 0.0626 | 0.2094 | 0.0051 | 0.914 | 1227 | 20 | 1226 | 19 | 1226 | 27 | 0 |
| 9016_2-84 | 202 | 59.60 | 0.00 | 36012 | 0.0956 | 0.0011 | 3.5176 | 0.1016 | 0.2670 | 0.0071 | 0.920 | 1539 | 20 | 1531 | 23 | 1525 | 36 | -1 |
| 9016_2-86 | 319 | 86.60 | 0.23 | 5499 | 0.0919 | 0.0010 | 3.1218 | 0.0872 | 0.2465 | 0.0063 | 0.920 | 1465 | 20 | 1438 | 21 | 1420 | 33 | -3 |
| 9016_2-87 | 103 | 29.50 | 0.00 | 5754 | 0.0975 | 0.0014 | 3.4816 | 0.1060 | 0.2589 | 0.0070 | 0.891 | 1577 | 25 | 1523 | 24 | 1484 | 36 | -6 |
| 9016_2-88 | 203 | 48.60 | 0.61 | 2352 | 0.0881 | 0.0010 | 2.6352 | 0.0716 | 0.2169 | 0.0054 | 0.917 | 1385 | 20 | 1311 | 20 | 1266 | 29 | -9 |
| 9016_2-89 | 207 | 53.00 | 0.00 | 26628 | 0.0865 | 0.0009 | 2.7689 | 0.0753 | 0.2322 | 0.0058 | 0.920 | 1349 | 19 | 1347 | 20 | 1346 | 30 | 0 |
| 9016_2-90 | 83 | 28.10 | 0.00 | 7746 | 0.1091 | 0.0013 | 4.5768 | 0.1539 | 0.3043 | 0.0096 | 0.935 | 1784 | 20 | 1745 | 28 | 1713 | 47 | -4 |
| 9016_2-91 | 211 | 75.50 | 0.00 | 17582 | 0.1110 | 0.0014 | 4.9033 | 0.1570 | 0.3204 | 0.0095 | 0.924 | 1816 | 22 | 1803 | 27 | 1792 | 46 | -1 |
| 9016_2-92 | 146 | 50.90 | 0.00 | 26826 | 0.1112 | 0.0013 | 4.7831 | 0.1525 | 0.3120 | 0.0092 | 0.927 | 1819 | 22 | 1782 | 27 | 1751 | 45 | -4 |
| 9016_2-93 | 283 | 59.40 | 0.68 | 2030 | 0.0792 | 0.0009 | 2.1369 | 0.0586 | 0.1958 | 0.0049 | 0.910 | 1176 | 22 | 1161 | 19 | 1153 | 26 | -2 |
| 9016_2-94 | 63 | 15.80 | 0.00 | 5441 | 0.0888 | 0.0010 | 2.8604 | 0.0861 | 0.2335 | 0.0065 | 0.921 | 1401 | 23 | 1372 | 23 | 1353 | 34 | -4 |
| 9016_2-95 | 349 | 102.50 | 0.00 | 35437 | 0.0956 | 0.0011 | 3.5529 | 0.1056 | 0.2697 | 0.0074 | 0.918 | 1539 | 21 | 1539 | 24 | 1539 | 37 | 0 |
| 9016_2-97 | 265 | 93.00 | 0.00 | 14067 | 0.1114 | 0.0014 | 4.8396 | 0.1545 | 0.3150 | 0.0093 | 0.925 | 1823 | 21 | 1792 | 27 | 1765 | 46 | -3 |
| 9016_2-98 | 349 | 111.70 | 0.00 | 5372 | 0.1044 | 0.0012 | 4.1582 | 0.1275 | 0.2888 | 0.0082 | 0.924 | 1704 | 21 | 1666 | 25 | 1636 | 41 | -4 |
| 9016_2-99 | 142 | 51.10 | 0.00 | 19272 | 0.1133 | 0.0014 | 5.0462 | 0.1669 | 0.3224 | 0.0099 | 0.930 | 1857 | 22 | 1827 | 28 | 1801 | 48 | -3 |
| 9016_2-100 | 151 | 59.80 | 0.00 | 32403 | 0.1233 | 0.0016 | 5.9899 | 0.2061 | 0.3522 | 0.0113 | 0.930 | 2005 | 22 | 1974 | 30 | 1945 | 54 | -3 |
| 9016_2-101 | 304 | 64.10 | 1.80 | 823 | 0.0794 | 0.0009 | 2.0912 | 0.0578 | 0.1911 | 0.0048 | 0.910 | 1182 | 22 | 1146 | 19 | 1127 | 26 | -5 |
| 9016_2-102 | 771 | 150.20 | 1.70 | 1091 | 0.0786 | 0.0014 | 1.9345 | 0.0586 | 0.1785 | 0.0044 | 0.813 | 1162 | 34 | 1093 | 20 | 1059 | 24 | -10 |
| 9016_2-103 | 204 | 76.40 | 0.00 | 110613 | 0.1178 | 0.0015 | 5.4381 | 0.1862 | 0.3349 | 0.0106 | 0.925 | 1923 | 23 | 1891 | 29 | 1862 | 51 | -3 |
| 9016_2-104 | 203 | 67.90 | 1.10 | 1261 | 0.1112 | 0.0013 | 4.5437 | 0.1455 | 0.2963 | 0.0088 | 0.927 | 1820 | 21 | 1739 | 27 | 1673 | 44 | -9 |
| 9016_2-105 | 122 | 30.30 | 0.00 | 11231 | 0.0859 | 0.0009 | 2.6853 | 0.0760 | 0.2268 | 0.0059 | 0.924 | 1335 | 20 | 1324 | 21 | 1318 | 31 | -1 |

Таблица 2. Продолжение

| Номер точки | U, мкг/г | ²⁰⁶ Pb, мкг/г | ²⁰⁶ Pb _c , % | ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb | Изотопные отношения | | | | Rho | Возраст, млн лет | | | | D, % | | | | |
|----------------|----------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-----|------|-------------------------------------|------|----|-----|
| | | | | | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±1σ | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | | |
| 9016_2-106 | 391 | 107.20 | 0.00 | 24305 | 0.0909 | 0.0010 | 3.1124 | 0.0901 | 0.2483 | 0.0067 | 0.927 | 1444 | 20 | 1436 | 22 | 1430 | 34 | -1 |
| 9016_2-108 | 113 | 24.90 | 0.00 | 16887 | 0.0811 | 0.0009 | 2.2787 | 0.0639 | 0.2038 | 0.0053 | 0.924 | 1224 | 20 | 1206 | 20 | 1196 | 28 | -2 |
| 9016_2-109 | 248 | 88.60 | 0.00 | 22572 | 0.1112 | 0.0013 | 4.8889 | 0.1604 | 0.3188 | 0.0097 | 0.930 | 1820 | 21 | 1800 | 28 | 1784 | 48 | -2 |
| 9016_2-110 | 329 | 75.90 | 0.00 | 46251 | 0.0810 | 0.0009 | 2.3640 | 0.0660 | 0.2116 | 0.0055 | 0.924 | 1222 | 20 | 1232 | 20 | 1237 | 29 | 1 |
| 9016_2-111 | 141 | 43.60 | 0.00 | 50804 | 0.1007 | 0.0012 | 3.8850 | 0.1220 | 0.2799 | 0.0082 | 0.929 | 1636 | 21 | 1611 | 25 | 1591 | 41 | -3 |
| Образцы 9020/3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9020_3-02 | 152 | 47.50 | 0.00 | 380990 | 0.1004 | 0.0003 | 3.9190 | 0.0705 | 0.2832 | 0.0050 | 0.989 | 1631 | 5 | 1618 | 15 | 1608 | 25 | -1 |
| 9020_3-05 | 169 | 60.90 | 0.00 | 49811 | 0.1125 | 0.0002 | 5.0001 | 0.0922 | 0.3225 | 0.0059 | 0.996 | 1839 | 3 | 1819 | 16 | 1802 | 29 | -2 |
| 9020_3-06 | 678 | 181.70 | 0.00 | 26310 | 0.0866 | 0.0002 | 2.8469 | 0.0536 | 0.2384 | 0.0045 | 0.995 | 1352 | 4 | 1368 | 14 | 1378 | 23 | 2 |
| 9020_3-07 | 102 | 29.10 | 0.00 | 11724 | 0.0932 | 0.0002 | 3.2802 | 0.0618 | 0.2552 | 0.0048 | 0.993 | 1493 | 4 | 1476 | 15 | 1465 | 25 | -2 |
| 9020_3-08 | 231 | 64.90 | 0.00 | 22960 | 0.0936 | 0.0002 | 3.2407 | 0.0611 | 0.2511 | 0.0047 | 0.994 | 1500 | 4 | 1467 | 15 | 1444 | 24 | -4 |
| 9020_3-09 | 117 | 32.70 | 0.00 | 16735 | 0.0922 | 0.0002 | 3.1716 | 0.0602 | 0.2495 | 0.0047 | 0.992 | 1471 | 4 | 1450 | 15 | 1436 | 24 | -2 |
| 9020_3-12 | 379 | 139.50 | 0.00 | 25127 | 0.1143 | 0.0002 | 5.1802 | 0.1006 | 0.3288 | 0.0064 | 0.996 | 1868 | 3 | 1849 | 17 | 1833 | 31 | -2 |
| 9020_3-13 | 176 | 63.20 | 0.00 | 27576 | 0.1126 | 0.0002 | 4.9698 | 0.0984 | 0.3200 | 0.0063 | 0.994 | 1843 | 4 | 1814 | 17 | 1790 | 31 | -3 |
| 9020_3-14 | 193 | 64.60 | 0.00 | 32816 | 0.1062 | 0.0002 | 4.3713 | 0.0876 | 0.2984 | 0.0060 | 0.995 | 1736 | 3 | 1707 | 17 | 1684 | 30 | -3 |
| 9020_3-15 | 289 | 101.40 | 0.00 | 48780 | 0.1077 | 0.0002 | 4.6360 | 0.0958 | 0.3122 | 0.0064 | 0.996 | 1761 | 3 | 1756 | 17 | 1751 | 32 | -1 |
| 9020_3-16 | 284 | 89.60 | 0.00 | 43380 | 0.0987 | 0.0002 | 3.8053 | 0.0838 | 0.2796 | 0.0061 | 0.997 | 1600 | 3 | 1594 | 18 | 1589 | 31 | -1 |
| 9020_3-19 | 145 | 59.30 | 0.00 | 30977 | 0.1279 | 0.0003 | 6.3830 | 0.1455 | 0.3619 | 0.0082 | 0.996 | 2070 | 3 | 2030 | 20 | 1991 | 39 | -4 |
| 9020_3-20 | 153 | 49.80 | 0.00 | 22717 | 0.1097 | 0.0003 | 4.3706 | 0.1058 | 0.2891 | 0.0070 | 0.995 | 1794 | 4 | 1707 | 20 | 1637 | 35 | -10 |
| 9020_3-21 | 413 | 107.20 | 0.00 | 16687 | 0.0873 | 0.0002 | 2.7496 | 0.0641 | 0.2283 | 0.0053 | 0.996 | 1368 | 4 | 1342 | 17 | 1326 | 28 | -3 |
| 9020_3-22 | 168 | 58.10 | 0.00 | 23916 | 0.1099 | 0.0003 | 4.6175 | 0.1091 | 0.3049 | 0.0072 | 0.995 | 1797 | 4 | 1752 | 20 | 1715 | 35 | -5 |
| 9020_3-23 | 462 | 173.00 | 0.00 | 9750 | 0.1153 | 0.0002 | 5.2257 | 0.1248 | 0.3288 | 0.0078 | 0.996 | 1884 | 3 | 1857 | 20 | 1832 | 38 | -3 |
| 9020_3-24 | 241 | 89.50 | 0.00 | 47494 | 0.1135 | 0.0003 | 5.0976 | 0.1239 | 0.3259 | 0.0079 | 0.996 | 1856 | 4 | 1836 | 21 | 1818 | 38 | -2 |
| 9020_3-27 | 130 | 43.10 | 0.00 | 19594 | 0.1103 | 0.0003 | 4.4422 | 0.1168 | 0.2920 | 0.0076 | 0.996 | 1805 | 4 | 1720 | 22 | 1652 | 38 | -9 |
| 9020_3-29 | 89 | 30.60 | 0.00 | 12594 | 0.1095 | 0.0003 | 4.5138 | 0.1281 | 0.2989 | 0.0084 | 0.996 | 1792 | 5 | 1734 | 24 | 1686 | 42 | -6 |
| 9020_3-31 | 428 | 92.40 | 0.00 | 13894 | 0.0797 | 0.0003 | 2.0595 | 0.0587 | 0.1874 | 0.0053 | 0.993 | 1190 | 7 | 1135 | 19 | 1107 | 29 | -7 |
| 9020_3-32 | 175 | 42.80 | 0.00 | 13422 | 0.0869 | 0.0003 | 2.5507 | 0.0740 | 0.2128 | 0.0061 | 0.995 | 1359 | 6 | 1287 | 21 | 1244 | 33 | -9 |
| 9020_3-33 | 143 | 56.20 | 0.00 | 30069 | 0.1231 | 0.0003 | 5.7921 | 0.1708 | 0.3412 | 0.0100 | 0.997 | 2002 | 4 | 1945 | 26 | 1892 | 48 | -6 |
| 9020_3-34 | 98 | 55.60 | 0.00 | 32929 | 0.1919 | 0.0006 | 13.076 | 0.3894 | 0.4942 | 0.0146 | 0.995 | 2758 | 4 | 2685 | 28 | 2589 | 63 | -7 |
| 9020_3-35 | 206 | 86.00 | 0.00 | 33031 | 0.1292 | 0.0003 | 6.4366 | 0.1944 | 0.3614 | 0.0109 | 0.997 | 2087 | 4 | 2037 | 27 | 1989 | 52 | -5 |
| 9020_3-36 | 188 | 38.90 | 0.00 | 21466 | 0.0778 | 0.0002 | 1.9272 | 0.0589 | 0.1798 | 0.0055 | 0.995 | 1140 | 6 | 1091 | 20 | 1066 | 30 | -7 |
| 9020_3-37 | 211 | 62.60 | 0.00 | 64697 | 0.0955 | 0.0002 | 3.3791 | 0.1048 | 0.2566 | 0.0079 | 0.997 | 1538 | 5 | 1500 | 24 | 1473 | 41 | -4 |
| 9020_3-39 | 283 | 94.30 | 0.00 | 43792 | 0.1065 | 0.0003 | 4.2963 | 0.1466 | 0.2925 | 0.0099 | 0.996 | 1741 | 6 | 1693 | 28 | 1654 | 50 | -5 |
| 9020_3-41 | 55 | 15.20 | 0.00 | 6495 | 0.0946 | 0.0004 | 3.1156 | 0.1044 | 0.2388 | 0.0079 | 0.992 | 1520 | 8 | 1437 | 26 | 1381 | 41 | -10 |
| 9020_3-42 | 293 | 103.70 | 0.00 | 23094 | 0.1102 | 0.0003 | 4.6358 | 0.1541 | 0.3050 | 0.0101 | 0.997 | 1803 | 4 | 1756 | 28 | 1716 | 50 | -5 |
| 9020_3-43 | 315 | 118.10 | 0.00 | 60351 | 0.1149 | 0.0003 | 5.1193 | 0.1725 | 0.3231 | 0.0108 | 0.997 | 1879 | 5 | 1839 | 29 | 1805 | 53 | -4 |
| 9020_3_73 | 392 | 121.50 | 0.00 | 84272 | 0.0938 | 0.0007 | 3.3262 | 0.1107 | 0.2571 | 0.0084 | 0.976 | 1505 | 13 | 1487 | 26 | 1475 | 43 | -2 |
| 9020_3_74 | 122 | 32.50 | 0.00 | 22479 | 0.0854 | 0.0006 | 2.6343 | 0.0838 | 0.2238 | 0.0069 | 0.974 | 1324 | 13 | 1310 | 23 | 1302 | 37 | -2 |
| 9020_3_76 | 646 | 214.80 | 0.28 | 5403 | 0.0994 | 0.0008 | 3.7465 | 0.1287 | 0.2733 | 0.0092 | 0.976 | 1613 | 14 | 1581 | 28 | 1558 | 46 | -4 |
| 9020_3_78 | 242 | 102.00 | 0.00 | 49680 | 0.1211 | 0.0010 | 5.7184 | 0.2240 | 0.3424 | 0.0131 | 0.978 | 1973 | 13 | 1934 | 34 | 1898 | 63 | -4 |

Таблица 2. Продолжение

| Номер точки | U, мкг/г | ²⁰⁶ Pb, мкг/г | ²⁰⁶ Pb _c , % | ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb | Изотопные отношения | | | | Rho | Возраст, млн лет | | | | D, % | | | | |
|-------------|----------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-----|------|-------------------------------------|------|----|-----|
| | | | | | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | | |
| 9020_3_79 | 169 | 61.70 | 0.00 | 84188 | 0.1070 | 0.0008 | 4.4447 | 0.1609 | 0.3013 | 0.0107 | 0.977 | 1749 | 13 | 1721 | 30 | 1698 | 53 | -3 |
| 9020_3_81 | 267 | 80.40 | 0.16 | 8426 | 0.0925 | 0.0007 | 3.2140 | 0.1067 | 0.2521 | 0.0082 | 0.976 | 1477 | 14 | 1461 | 26 | 1449 | 42 | -2 |
| 9020_3_82 | 168 | 62.90 | 0.00 | 37563 | 0.1091 | 0.0008 | 4.6244 | 0.1690 | 0.3075 | 0.0110 | 0.977 | 1784 | 14 | 1754 | 31 | 1728 | 54 | -3 |
| 9020_3_84 | 638 | 276.20 | 0.10 | 13705 | 0.1271 | 0.0011 | 6.1438 | 0.2435 | 0.3507 | 0.0136 | 0.978 | 2058 | 13 | 1996 | 35 | 1938 | 65 | -6 |
| 9020_3_85 | 456 | 110.80 | 0.10 | 14716 | 0.0847 | 0.0006 | 2.4182 | 0.0742 | 0.2071 | 0.0062 | 0.975 | 1308 | 14 | 1248 | 22 | 1214 | 33 | -8 |
| 9020_3_86 | 225 | 94.10 | 0.00 | 56311 | 0.1245 | 0.0011 | 5.9628 | 0.2466 | 0.3473 | 0.0140 | 0.977 | 2022 | 14 | 1970 | 36 | 1922 | 67 | -5 |
| 9020_3_87 | 206 | 75.10 | 0.27 | 4898 | 0.1089 | 0.0009 | 4.5392 | 0.1643 | 0.3023 | 0.0107 | 0.977 | 1781 | 13 | 1738 | 30 | 1703 | 53 | -5 |
| 9020_3_88 | 201 | 71.60 | 0.00 | 39479 | 0.1045 | 0.0008 | 4.2942 | 0.1537 | 0.2980 | 0.0104 | 0.978 | 1706 | 13 | 1692 | 29 | 1681 | 52 | -1 |
| 9020_3_89 | 643 | 171.70 | 0.43 | 5678 | 0.0858 | 0.0008 | 2.6852 | 0.0832 | 0.2269 | 0.0067 | 0.948 | 1334 | 18 | 1324 | 23 | 1318 | 35 | -1 |
| 9020_3_90 | 299 | 96.30 | 0.00 | 110471 | 0.0968 | 0.0007 | 3.6372 | 0.1177 | 0.2725 | 0.0086 | 0.972 | 1564 | 14 | 1558 | 26 | 1553 | 43 | -1 |
| 9020_3_91 | 314 | 80.70 | 1.40 | 10504 | 0.0861 | 0.0012 | 2.5732 | 0.0967 | 0.2167 | 0.0076 | 0.931 | 1341 | 26 | 1293 | 27 | 1264 | 40 | -6 |
| 9020_3_92 | 220 | 74.10 | 0.58 | 2685 | 0.1018 | 0.0008 | 3.9616 | 0.1387 | 0.2824 | 0.0096 | 0.975 | 1656 | 14 | 1626 | 28 | 1603 | 48 | -3 |
| 9020_3_93 | 105 | 39.80 | 0.00 | 19882 | 0.1117 | 0.0009 | 4.8538 | 0.1807 | 0.3152 | 0.0115 | 0.977 | 1827 | 13 | 1794 | 31 | 1766 | 56 | -3 |
| 9020_3_94 | 332 | 119.20 | 0.21 | 6253 | 0.1072 | 0.0008 | 4.4431 | 0.1600 | 0.3007 | 0.0106 | 0.977 | 1752 | 14 | 1720 | 30 | 1695 | 52 | -3 |
| 9020_3_95 | 413 | 149.00 | 0.03 | 30403 | 0.1080 | 0.0008 | 4.5239 | 0.1634 | 0.3038 | 0.0107 | 0.977 | 1766 | 13 | 1735 | 30 | 1710 | 53 | -3 |
| 9020_3_96 | 110 | 39.50 | 0.00 | 29736 | 0.1069 | 0.0008 | 4.4651 | 0.1636 | 0.3030 | 0.0108 | 0.977 | 1747 | 13 | 1725 | 30 | 1706 | 54 | -2 |
| 9020_3_97 | 460 | 204.40 | 0.36 | 4215 | 0.1290 | 0.0011 | 6.4840 | 0.2508 | 0.3645 | 0.0137 | 0.974 | 2085 | 15 | 2044 | 34 | 2004 | 65 | -4 |
| 9020_3_100 | 238 | 88.10 | 0.00 | 60701 | 0.1087 | 0.0008 | 4.6786 | 0.1724 | 0.3121 | 0.0113 | 0.978 | 1778 | 13 | 1763 | 31 | 1751 | 55 | -2 |
| 9020_3_101 | 230 | 105.70 | 0.00 | 38999 | 0.1332 | 0.0011 | 6.9628 | 0.2887 | 0.3793 | 0.0154 | 0.979 | 2140 | 14 | 2107 | 37 | 2073 | 72 | -3 |
| 9020_3_102 | 126 | 45.70 | 0.59 | 2405 | 0.1156 | 0.0010 | 4.8811 | 0.1849 | 0.3062 | 0.0113 | 0.975 | 1889 | 15 | 1799 | 32 | 1722 | 56 | -10 |
| 9020_3_103 | 237 | 59.90 | 0.48 | 2904 | 0.0808 | 0.0006 | 2.4278 | 0.0785 | 0.2180 | 0.0069 | 0.975 | 1216 | 13 | 1251 | 23 | 1271 | 36 | 4 |
| 9020_3_104 | 148 | 54.10 | 0.00 | 39980 | 0.1096 | 0.0009 | 4.7009 | 0.1747 | 0.3110 | 0.0113 | 0.978 | 1793 | 14 | 1767 | 31 | 1746 | 56 | -3 |
| 9020_3_105 | 37 | 9.20 | 0.00 | 5459 | 0.0837 | 0.0007 | 2.5292 | 0.0986 | 0.2192 | 0.0084 | 0.980 | 1285 | 14 | 1280 | 28 | 1278 | 44 | -1 |
| 9020_3_106 | 55 | 13.00 | 0.00 | 6068 | 0.0803 | 0.0007 | 2.2979 | 0.0782 | 0.2076 | 0.0068 | 0.969 | 1204 | 16 | 1212 | 24 | 1216 | 37 | 1 |
| 9020_3_107 | 413 | 151.50 | 0.52 | 2894 | 0.1077 | 0.0009 | 4.5915 | 0.1703 | 0.3091 | 0.0112 | 0.976 | 1762 | 14 | 1748 | 31 | 1736 | 55 | -1 |
| 9020_3_109 | 341 | 99.50 | 0.00 | 65246 | 0.1096 | 0.0028 | 4.4159 | 0.1339 | 0.2923 | 0.0049 | 0.550 | 1792 | 43 | 1715 | 25 | 1653 | 24 | -8 |
| 9020_3_110 | 230 | 73.50 | 0.00 | 94479 | 0.1174 | 0.0031 | 5.1060 | 0.1606 | 0.3153 | 0.0055 | 0.555 | 1918 | 44 | 1837 | 27 | 1767 | 27 | -9 |
| 9020_3_111 | 64 | 10.90 | 0.00 | 5103 | 0.0787 | 0.0003 | 2.0978 | 0.0322 | 0.1934 | 0.0029 | 0.965 | 1164 | 8 | 1148 | 11 | 1140 | 15 | -2 |
| 9020_3_112 | 379 | 94.50 | 0.00 | 18054 | 0.1005 | 0.0004 | 3.9060 | 0.0693 | 0.2819 | 0.0049 | 0.978 | 1633 | 7 | 1615 | 14 | 1601 | 25 | -2 |
| 9020_3_113 | 282 | 62.10 | 0.00 | 6819 | 0.0947 | 0.0003 | 3.2664 | 0.0516 | 0.2502 | 0.0039 | 0.976 | 1522 | 6 | 1473 | 12 | 1439 | 20 | -6 |
| 9020_3_114 | 320 | 66.30 | 0.00 | 3403 | 0.0890 | 0.0003 | 2.8823 | 0.0474 | 0.2348 | 0.0038 | 0.977 | 1405 | 6 | 1377 | 12 | 1360 | 20 | -3 |
| 9020_3_115 | 417 | 101.80 | 0.00 | 78441 | 0.0965 | 0.0003 | 3.6785 | 0.0597 | 0.2766 | 0.0044 | 0.981 | 1556 | 6 | 1567 | 13 | 1574 | 22 | 1 |
| 9020_3_117 | 398 | 75.50 | 0.00 | 4128 | 0.0811 | 0.0003 | 2.4044 | 0.0404 | 0.2152 | 0.0035 | 0.973 | 1223 | 7 | 1244 | 12 | 1256 | 19 | 3 |
| 9020_3_118 | 111 | 23.80 | 0.00 | 14401 | 0.0916 | 0.0004 | 3.0732 | 0.0505 | 0.2434 | 0.0039 | 0.973 | 1458 | 7 | 1426 | 13 | 1404 | 20 | -4 |
| 9020_3_119 | 360 | 80.50 | 0.00 | 13081 | 0.0949 | 0.0003 | 3.3305 | 0.0534 | 0.2545 | 0.0040 | 0.975 | 1527 | 6 | 1488 | 13 | 1461 | 20 | -5 |
| 9020_3_120 | 256 | 124.70 | 0.00 | 230335 | 0.2132 | 0.0012 | 15.847 | 0.3923 | 0.5391 | 0.0130 | 0.974 | 2930 | 9 | 2868 | 24 | 2780 | 54 | -5 |
| 9020_3_122 | 494 | 109.80 | 0.00 | 4624 | 0.0969 | 0.0004 | 3.3818 | 0.0542 | 0.2532 | 0.0040 | 0.974 | 1565 | 7 | 1500 | 13 | 1455 | 20 | -8 |
| 9020_3_123 | 270 | 75.60 | 0.00 | 43317 | 0.1121 | 0.0004 | 4.9162 | 0.0853 | 0.3180 | 0.0054 | 0.980 | 1834 | 6 | 1805 | 15 | 1780 | 26 | -3 |

Таблица 2. Продолжение

| Номер точки | U, мкг/г | ²⁰⁶ Pb, мкг/г | ²⁰⁶ Pb _c , % | ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb | Изотопные отношения | | | | Rho | Возраст, млн лет | | | | D, % | | | |
|-----------------------|----------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|------|-------------------------------------|-----|----|
| | | | | | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | |
| 9020-3-124 | 245 | 77.00 | 0.00 | 11332 | 0.1259 | 0.0008 | 6.1685 | 0.1175 | 0.3553 | 0.0064 | 2042 | ±1σ | 2000 | 17 | 1960 | 30 | -4 |
| 9020-3-125 | 581 | 163.50 | 0.00 | 217742 | 0.1151 | 0.0004 | 5.0579 | 0.0939 | 0.3188 | 0.0058 | 1881 | ±1σ | 1829 | 16 | 1784 | 28 | -5 |
| 9020-3-126 | 312 | 84.20 | 0.00 | 4471 | 0.1143 | 0.0005 | 4.8341 | 0.0872 | 0.3068 | 0.0054 | 1868 | ±1σ | 1791 | 15 | 1725 | 27 | -8 |
| 9020-3-127 | 311 | 86.10 | 0.00 | 31536 | 0.1090 | 0.0004 | 4.7308 | 0.0821 | 0.3149 | 0.0054 | 1782 | ±1σ | 1773 | 15 | 1765 | 26 | -1 |
| 9020-3-128 | 554 | 167.00 | 0.00 | 7691 | 0.1135 | 0.0004 | 5.3383 | 0.0971 | 0.3412 | 0.0061 | 1856 | ±1σ | 1875 | 16 | 1892 | 29 | 2 |
| 9020-3-130 | 61 | 13.00 | 0.00 | 60995 | 0.0920 | 0.0004 | 3.0737 | 0.0498 | 0.2423 | 0.0038 | 1468 | ±1σ | 1426 | 12 | 1398 | 20 | -5 |
| 9020-3-132 | 319 | 57.00 | 0.00 | 20731 | 0.0809 | 0.0003 | 2.2911 | 0.0340 | 0.2055 | 0.0030 | 1218 | ±1σ | 1210 | 11 | 1205 | 16 | -1 |
| 9020-3-133 | 315 | 82.20 | 0.00 | 24308 | 0.1090 | 0.0004 | 4.4888 | 0.0770 | 0.2986 | 0.0050 | 1783 | ±1σ | 1729 | 14 | 1684 | 25 | -6 |
| 9020-3-134 | 289 | 85.70 | 0.00 | 36897 | 0.1196 | 0.0004 | 5.5671 | 0.0998 | 0.3377 | 0.0059 | 1950 | ±1σ | 1911 | 15 | 1875 | 29 | -4 |
| 9020-3-135 | 608 | 170.00 | 0.00 | 23035 | 0.1090 | 0.0004 | 4.7912 | 0.0833 | 0.3188 | 0.0054 | 1783 | ±1σ | 1783 | 15 | 1784 | 27 | 0 |
| 9020-3-136 | 157 | 30.90 | 0.00 | 15705 | 0.0866 | 0.0003 | 2.6970 | 0.0416 | 0.2259 | 0.0034 | 1351 | ±1σ | 1328 | 11 | 1313 | 18 | -3 |
| 9020-3-137 | 138 | 37.60 | 0.00 | 3206 | 0.1140 | 0.0005 | 4.9087 | 0.0894 | 0.3123 | 0.0055 | 1864 | ±1σ | 1804 | 15 | 1752 | 27 | -6 |
| 9020-3-138 | 256 | 70.40 | 0.00 | 4428 | 0.1131 | 0.0005 | 4.8907 | 0.0862 | 0.3137 | 0.0054 | 1849 | ±1σ | 1801 | 15 | 1759 | 26 | -5 |
| 9020-3-139 | 183 | 32.40 | 0.00 | 19061 | 0.0810 | 0.0003 | 2.2815 | 0.0340 | 0.2042 | 0.0030 | 1222 | ±1σ | 1207 | 11 | 1198 | 16 | -2 |
| 9020-3-140 | 414 | 92.70 | 0.00 | 7080 | 0.0985 | 0.0004 | 3.4909 | 0.0592 | 0.2571 | 0.0043 | 1595 | ±1σ | 1525 | 13 | 1475 | 22 | -8 |
| 9020-3-142 | 281 | 74.90 | 0.00 | 43678 | 0.1069 | 0.0004 | 4.5188 | 0.0781 | 0.3066 | 0.0052 | 1747 | ±1σ | 1734 | 14 | 1724 | 26 | -1 |
| 9020-3-143 | 385 | 96.30 | 0.00 | 12811 | 0.1077 | 0.0004 | 4.2848 | 0.0726 | 0.2885 | 0.0048 | 1761 | ±1σ | 1690 | 14 | 1634 | 24 | -8 |
| 9020-3-144 | 309 | 87.20 | 0.00 | 13116 | 0.1168 | 0.0004 | 5.2283 | 0.0922 | 0.3247 | 0.0056 | 1908 | ±1σ | 1857 | 15 | 1812 | 27 | -5 |
| 9020-3-147 | 377 | 103.10 | 0.00 | 8668 | 0.1083 | 0.0004 | 4.6861 | 0.0824 | 0.3137 | 0.0054 | 1772 | ±1σ | 1765 | 15 | 1759 | 27 | -1 |
| Образец 9048/5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9048-5-1 | 285 | 95.60 | 0.00 | 13667 | 0.1111 | 0.0004 | 5.0553 | 0.0642 | 0.3301 | 0.0040 | 1817 | ±1σ | 1829 | 11 | 1839 | 20 | 1 |
| 9048-5-3 | 299 | 62.80 | 0.00 | 22101 | 0.0807 | 0.0002 | 2.3578 | 0.0269 | 0.2118 | 0.0023 | 1215 | ±1σ | 1230 | 8 | 1239 | 12 | 2 |
| 9048-5-4 | 445 | 154.20 | 0.00 | 51428 | 0.1128 | 0.0004 | 5.3527 | 0.0743 | 0.3441 | 0.0047 | 1845 | ±1σ | 1877 | 12 | 1906 | 22 | 3 |
| 9048-5-5 | 289 | 84.30 | 0.00 | 56625 | 0.0967 | 0.0003 | 3.8919 | 0.0593 | 0.2918 | 0.0043 | 1562 | ±1σ | 1612 | 12 | 1651 | 22 | 5 |
| 9048-5-6 | 257 | 83.00 | 0.00 | 14275 | 0.1121 | 0.0004 | 4.9801 | 0.0687 | 0.3221 | 0.0043 | 1834 | ±1σ | 1816 | 12 | 1800 | 21 | -2 |
| 9048-5-7 | 85 | 46.00 | 0.00 | 59342 | 0.2167 | 0.0011 | 15.802 | 0.2900 | 0.5290 | 0.0093 | 2956 | ±1σ | 2865 | 18 | 2737 | 39 | -8 |
| 9048-5-8 | 156 | 41.80 | 0.00 | 12766 | 0.0939 | 0.0003 | 3.4829 | 0.0430 | 0.2690 | 0.0032 | 1506 | ±1σ | 1523 | 10 | 1536 | 16 | 2 |
| 9048-5-9 | 70 | 19.70 | 0.00 | 9917 | 0.0990 | 0.0004 | 3.8584 | 0.0506 | 0.2826 | 0.0035 | 1606 | ±1σ | 1605 | 11 | 1604 | 18 | 0 |
| 9048-5-10 | 296 | 108.80 | 0.00 | 19690 | 0.1198 | 0.0004 | 6.0328 | 0.0875 | 0.3651 | 0.0051 | 1954 | ±1σ | 1981 | 13 | 2006 | 24 | 3 |
| 9048-5-12 | 82 | 30.90 | 0.00 | 44359 | 0.1298 | 0.0005 | 6.7489 | 0.0981 | 0.3770 | 0.0053 | 2096 | ±1σ | 2079 | 13 | 2062 | 25 | -2 |
| 9048-5-13 | 213 | 52.40 | 0.00 | 2456 | 0.0915 | 0.0005 | 3.1273 | 0.0411 | 0.2479 | 0.0030 | 1457 | ±1σ | 1439 | 10 | 1428 | 15 | -2 |
| 9048-5-14 | 297 | 92.40 | 0.00 | 4673 | 0.1110 | 0.0004 | 4.7560 | 0.0645 | 0.3108 | 0.0041 | 1815 | ±1σ | 1777 | 11 | 1745 | 20 | -4 |
| 9048-5-16 | 255 | 68.70 | 0.00 | 40461 | 0.0938 | 0.0003 | 3.4733 | 0.0431 | 0.2685 | 0.0032 | 1505 | ±1σ | 1521 | 10 | 1533 | 16 | 2 |
| 9048-5-20 | 199 | 64.50 | 0.00 | 18709 | 0.1103 | 0.0004 | 4.9329 | 0.0653 | 0.3243 | 0.0042 | 1805 | ±1σ | 1808 | 11 | 1811 | 20 | 0 |
| 9048-5-21 | 85 | 22.00 | 0.00 | 10012 | 0.0947 | 0.0003 | 3.4019 | 0.0423 | 0.2605 | 0.0031 | 1522 | ±1σ | 1505 | 10 | 1492 | 16 | -2 |
| 9048-5-22 | 197 | 62.90 | 0.00 | 9770 | 0.1098 | 0.0005 | 4.8388 | 0.0651 | 0.3197 | 0.0041 | 1796 | ±1σ | 1792 | 11 | 1788 | 20 | 0 |
| 9048-5-23 | 161 | 38.50 | 0.00 | 3446 | 0.0943 | 0.0004 | 3.1335 | 0.0386 | 0.2409 | 0.0028 | 1514 | ±1σ | 1441 | 9 | 1392 | 15 | -9 |
| 9048-5-24 | 332 | 111.10 | 0.00 | 15740 | 0.1122 | 0.0004 | 5.1788 | 0.0702 | 0.3348 | 0.0044 | 1835 | ±1σ | 1849 | 12 | 1862 | 21 | 1 |
| 9048-5-25 | 165 | 59.10 | 0.00 | 25129 | 0.1216 | 0.0005 | 6.0317 | 0.0857 | 0.3597 | 0.0049 | 1980 | ±1σ | 1980 | 12 | 1981 | 23 | 0 |

Таблица 2. Продолжение

| Номер точки | U, мкг/г | ²⁰⁶ Pb, мкг/г | ²⁰⁶ Pb _c , % | ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb | Изотопные отношения | | | | Rho | Возраст, млн лет | | | | D, % | | | |
|-------------|----------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|------|-------------------------------------|-----|----|
| | | | | | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ±1σ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ±1σ | |
| 9048-5-26 | 403 | 82.60 | 0.00 | 19985 | 0.0799 | 0.0002 | 2.2858 | 0.0271 | 0.2074 | 0.0024 | 1196 | 6 | 1208 | 8 | 1215 | 13 | 2 |
| 9048-5-27 | 198 | 63.10 | 0.00 | 14179 | 0.1106 | 0.0004 | 4.8901 | 0.0645 | 0.3208 | 0.0041 | 1809 | 6 | 1801 | 11 | 1793 | 20 | -1 |
| 9048-5-28 | 177 | 49.40 | 0.00 | 5813 | 0.1027 | 0.0005 | 3.9649 | 0.0527 | 0.2799 | 0.0035 | 1674 | 8 | 1627 | 11 | 1591 | 18 | -5 |
| 9048-5-29 | 321 | 99.40 | 0.00 | 1413 | 0.1158 | 0.0008 | 4.9435 | 0.0765 | 0.3096 | 0.0043 | 1872 | 12 | 1810 | 13 | 1739 | 21 | -9 |
| 9048-5-30 | 200 | 64.00 | 0.00 | 22927 | 0.0966 | 0.0005 | 3.6864 | 0.2775 | 0.2768 | 0.0208 | 1559 | 9 | 1568 | 60 | 1575 | 105 | 1 |
| 9048-5-31 | 223 | 78.50 | 0.00 | 3785 | 0.1108 | 0.0006 | 4.5966 | 0.3642 | 0.3009 | 0.0238 | 1813 | 10 | 1749 | 66 | 1696 | 118 | -7 |
| 9048-5-32 | 94 | 37.40 | 0.00 | 16048 | 0.1227 | 0.0007 | 5.7271 | 0.4916 | 0.3385 | 0.0290 | 1996 | 10 | 1935 | 74 | 1880 | 140 | -6 |
| 9048-5-33 | 171 | 56.10 | 0.00 | 23050 | 0.0995 | 0.0005 | 3.8607 | 0.2963 | 0.2815 | 0.0216 | 1614 | 9 | 1605 | 62 | 1599 | 108 | -1 |
| 9048-5-34 | 128 | 46.00 | 0.00 | 67489 | 0.1101 | 0.0006 | 4.6426 | 0.3746 | 0.3058 | 0.0246 | 1801 | 9 | 1757 | 67 | 1720 | 122 | -5 |
| 9048-5-35 | 71 | 19.90 | 0.00 | 5950 | 0.0914 | 0.0005 | 3.0687 | 0.2200 | 0.2434 | 0.0174 | 1456 | 9 | 1425 | 55 | 1404 | 90 | -4 |
| 9048-5-36 | 154 | 46.00 | 0.00 | 2803 | 0.0950 | 0.0008 | 3.3811 | 0.2532 | 0.2582 | 0.0192 | 1527 | 15 | 1500 | 59 | 1481 | 98 | -3 |
| 9048-5-40 | 166 | 62.40 | 0.00 | 13086 | 0.1166 | 0.0008 | 5.0610 | 0.4221 | 0.3149 | 0.0262 | 1904 | 12 | 1830 | 71 | 1765 | 128 | -8 |
| 9048-5-41 | 515 | 196.90 | 0.00 | 98020 | 0.1138 | 0.0006 | 5.0195 | 0.4320 | 0.3199 | 0.0275 | 1861 | 10 | 1823 | 73 | 1789 | 134 | -4 |
| 9048-5-42 | 54 | 15.30 | 0.00 | 4637 | 0.0941 | 0.0006 | 3.1577 | 0.2354 | 0.2433 | 0.0181 | 1511 | 12 | 1447 | 57 | 1404 | 94 | -8 |
| 9048-5-43 | 38 | 11.30 | 0.00 | 3598 | 0.0940 | 0.0006 | 3.2530 | 0.2468 | 0.2511 | 0.0190 | 1507 | 12 | 1470 | 59 | 1444 | 98 | -4 |
| 9048-5-44 | 548 | 218.10 | 0.00 | 5633 | 0.1191 | 0.0007 | 5.4219 | 0.4799 | 0.3302 | 0.0292 | 1943 | 10 | 1888 | 76 | 1839 | 141 | -6 |
| 9048-5-45 | 226 | 86.10 | 0.00 | 2758 | 0.1140 | 0.0008 | 4.9921 | 0.4327 | 0.3175 | 0.0274 | 1864 | 11 | 1818 | 73 | 1778 | 134 | -5 |
| 9048-5-46 | 208 | 75.30 | 0.00 | 15179 | 0.1105 | 0.0007 | 4.6116 | 0.3900 | 0.3026 | 0.0255 | 1808 | 11 | 1751 | 71 | 1704 | 126 | -6 |
| 9048-5-48 | 481 | 145.20 | 0.00 | 5762 | 0.0957 | 0.0005 | 3.3687 | 0.2644 | 0.2553 | 0.0200 | 1542 | 10 | 1497 | 61 | 1466 | 103 | -5 |
| 9048-5-49 | 172 | 43.60 | 0.00 | 16637 | 0.0865 | 0.0005 | 2.5951 | 0.1916 | 0.2177 | 0.0160 | 1349 | 10 | 1299 | 54 | 1270 | 85 | -6 |
| 9048-5-50 | 217 | 48.40 | 0.00 | 13214 | 0.0791 | 0.0004 | 2.0934 | 0.1486 | 0.1919 | 0.0136 | 1175 | 10 | 1147 | 49 | 1132 | 73 | -4 |
| 9048-5-51 | 155 | 45.20 | 0.00 | 17928 | 0.0943 | 0.0005 | 3.2111 | 0.2516 | 0.2469 | 0.0193 | 1515 | 10 | 1460 | 61 | 1422 | 100 | -7 |
| 9048-5-52 | 436 | 76.80 | 0.00 | 24408 | 0.0847 | 0.0004 | 2.4235 | 0.2040 | 0.2075 | 0.0174 | 1309 | 10 | 1250 | 61 | 1215 | 93 | -8 |
| 9048-5-53 | 287 | 69.20 | 0.00 | 23678 | 0.0990 | 0.0006 | 3.6372 | 0.3549 | 0.2665 | 0.0260 | 1605 | 10 | 1558 | 78 | 1523 | 132 | -5 |
| 9048-5-54 | 322 | 93.10 | 0.00 | 13421 | 0.1094 | 0.0007 | 4.5749 | 0.5004 | 0.3034 | 0.0331 | 1789 | 11 | 1745 | 91 | 1708 | 164 | -5 |
| 9048-5-55 | 431 | 121.20 | 0.00 | 3442 | 0.1107 | 0.0006 | 4.5447 | 0.4931 | 0.2978 | 0.0323 | 1811 | 10 | 1739 | 90 | 1680 | 160 | -8 |
| 9048-5-56 | 806 | 207.10 | 0.00 | 13840 | 0.0988 | 0.0005 | 3.7844 | 0.3879 | 0.2778 | 0.0284 | 1602 | 9 | 1589 | 82 | 1580 | 143 | -1 |
| 9048-5-57 | 229 | 48.30 | 0.00 | 18008 | 0.0911 | 0.0005 | 2.9965 | 0.2775 | 0.2385 | 0.0221 | 1449 | 9 | 1407 | 71 | 1379 | 115 | -5 |
| 9048-5-59 | 191 | 44.20 | 0.00 | 28105 | 0.0955 | 0.0005 | 3.3602 | 0.3275 | 0.2552 | 0.0248 | 1538 | 9 | 1495 | 76 | 1465 | 128 | -5 |
| 9048-5-60 | 44 | 9.90 | 0.00 | 4924 | 0.0949 | 0.0006 | 3.2470 | 0.3144 | 0.2483 | 0.0240 | 1525 | 12 | 1468 | 75 | 1430 | 124 | -7 |
| 9048-5-61 | 214 | 60.10 | 0.00 | 8389 | 0.1064 | 0.0007 | 4.2854 | 0.4751 | 0.2920 | 0.0323 | 1739 | 12 | 1691 | 91 | 1652 | 161 | -5 |
| 9048-5-63 | 414 | 123.70 | 0.00 | 11522 | 0.1089 | 0.0006 | 4.5560 | 0.5393 | 0.3034 | 0.0359 | 1781 | 10 | 1741 | 99 | 1708 | 177 | -4 |
| 9048-5-64 | 761 | 152.50 | 0.00 | 53680 | 0.0843 | 0.0004 | 2.6068 | 0.2457 | 0.2243 | 0.0211 | 1299 | 8 | 1303 | 69 | 1305 | 111 | 0 |
| 9048-5-65 | 460 | 127.40 | 0.00 | 20324 | 0.1011 | 0.0006 | 3.9649 | 0.4454 | 0.2845 | 0.0319 | 1644 | 11 | 1627 | 91 | 1614 | 160 | -2 |
| 9048-5-66 | 148 | 42.00 | 0.00 | 17047 | 0.1026 | 0.0007 | 4.0859 | 0.4692 | 0.2889 | 0.0331 | 1671 | 11 | 1651 | 94 | 1636 | 166 | -2 |
| 9048-5-67 | 840 | 212.30 | 0.00 | 1922 | 0.0965 | 0.0006 | 3.5073 | 0.3742 | 0.2636 | 0.0281 | 1557 | 11 | 1529 | 84 | 1508 | 143 | -3 |
| 9048-5-68 | 293 | 70.40 | 0.00 | 7623 | 0.0946 | 0.0005 | 3.3206 | 0.3514 | 0.2547 | 0.0269 | 1519 | 9 | 1486 | 83 | 1463 | 138 | -4 |
| 9048-5-69 | 308 | 94.40 | 0.00 | 2828 | 0.1122 | 0.0007 | 4.6691 | 0.5879 | 0.3018 | 0.0380 | 1835 | 11 | 1762 | 105 | 1700 | 188 | -8 |
| 9048-5-70 | 263 | 53.20 | 0.00 | 18862 | 0.0846 | 0.0004 | 2.5897 | 0.2514 | 0.2219 | 0.0215 | 1307 | 10 | 1298 | 71 | 1292 | 113 | -1 |

Таблица 2. Окончание

| Номер точки | U, мкг/г | ²⁰⁶ Pb, мкг/г | ²⁰⁶ Pb _c , % | ²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb | Изотопные отношения | | | | Rho | Возраст, млн лет | | | | D, % | | | | |
|-------------|----------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|--------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|
| | | | | | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | $\pm 1\sigma$ | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | $\pm 1\sigma$ | | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | $\pm 1\sigma$ | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | $\pm 1\sigma$ | | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | $\pm 1\sigma$ | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | $\pm 1\sigma$ |
| 9048-5-71 | 211 | 60.00 | 0.00 | 27587 | 0.0999 | 0.0006 | 3.9377 | 0.4631 | 0.2859 | 0.0336 | 0.999 | 1622 | 10 | 1621 | 95 | 1621 | 168 | 0 |
| 9048-5-72 | 199 | 55.50 | 0.00 | 10054 | 0.1013 | 0.0006 | 3.9323 | 0.4586 | 0.2814 | 0.0328 | 0.999 | 1649 | 11 | 1620 | 94 | 1599 | 165 | -3 |
| 9048-5-74 | 55 | 16.00 | 0.00 | 36687 | 0.1034 | 0.0008 | 4.2103 | 0.1739 | 0.2953 | 0.0120 | 0.981 | 1686 | 14 | 1676 | 34 | 1668 | 60 | -1 |
| 9048-5-75 | 125 | 80.80 | 0.00 | 39539 | 0.2958 | 0.0055 | 27.674 | 2.5822 | 0.6785 | 0.0620 | 0.980 | 3449 | 28 | 3408 | 91 | 3338 | 238 | -3 |
| 9048-5-76 | 181 | 35.50 | 0.00 | 20837 | 0.0812 | 0.0006 | 2.3306 | 0.0995 | 0.2082 | 0.0088 | 0.986 | 1226 | 14 | 1222 | 30 | 1219 | 47 | -1 |
| 9048-5-77 | 124 | 39.50 | 0.00 | 18768 | 0.1161 | 0.0011 | 5.4256 | 0.2948 | 0.3389 | 0.0181 | 0.986 | 1897 | 16 | 1889 | 47 | 1881 | 87 | -1 |
| 9048-5-79 | 160 | 47.90 | 0.00 | 1590 | 0.1169 | 0.0011 | 5.0968 | 0.2502 | 0.3161 | 0.0152 | 0.982 | 1910 | 16 | 1836 | 42 | 1771 | 75 | -8 |
| 9048-5-82 | 260 | 79.40 | 0.00 | 40788 | 0.1057 | 0.0009 | 4.7590 | 0.2606 | 0.3267 | 0.0177 | 0.987 | 1726 | 16 | 1778 | 46 | 1822 | 86 | 5 |
| 9048-5-83 | 330 | 115.60 | 0.00 | 5836 | 0.1198 | 0.0010 | 6.0304 | 0.3054 | 0.3652 | 0.0182 | 0.986 | 1953 | 14 | 1980 | 44 | 2007 | 86 | 3 |
| 9048-5-84 | 100 | 52.70 | 0.00 | 35115 | 0.1976 | 0.0022 | 14.945 | 1.0466 | 0.5487 | 0.0380 | 0.988 | 2806 | 17 | 2812 | 67 | 2820 | 158 | 0 |
| 9048-5-85 | 64 | 21.40 | 0.00 | 10800 | 0.1217 | 0.0011 | 5.9376 | 0.3346 | 0.3537 | 0.0197 | 0.987 | 1982 | 16 | 1967 | 49 | 1952 | 94 | -2 |
| 9048-5-87 | 150 | 45.80 | 0.00 | 18978 | 0.1128 | 0.0009 | 5.0441 | 0.2626 | 0.3243 | 0.0167 | 0.987 | 1845 | 15 | 1827 | 44 | 1811 | 81 | -2 |
| 9048-5-88 | 185 | 56.80 | 0.00 | 5453 | 0.1143 | 0.0009 | 5.0665 | 0.2503 | 0.3215 | 0.0157 | 0.987 | 1869 | 13 | 1831 | 42 | 1797 | 77 | -4 |
| 9048-5-89 | 248 | 90.20 | 0.00 | 2862 | 0.1301 | 0.0012 | 6.7947 | 0.3842 | 0.3788 | 0.0211 | 0.986 | 2099 | 16 | 2085 | 50 | 2070 | 99 | -1 |
| 9048-5-90 | 68 | 23.40 | 0.00 | 10251 | 0.1240 | 0.0012 | 6.1820 | 0.3532 | 0.3616 | 0.0204 | 0.986 | 2014 | 16 | 2002 | 50 | 1990 | 96 | -1 |
| 9048-5-91 | 371 | 117.90 | 0.00 | 1120 | 0.1239 | 0.0018 | 5.8122 | 0.3750 | 0.3404 | 0.0214 | 0.974 | 2012 | 26 | 1948 | 56 | 1888 | 103 | -7 |
| 9048-5-92 | 217 | 81.00 | 0.00 | 6477 | 0.1334 | 0.0012 | 7.2387 | 0.4158 | 0.3935 | 0.0223 | 0.988 | 2143 | 16 | 2141 | 51 | 2139 | 103 | 0 |
| 9048-5-94 | 93 | 27.10 | 0.00 | 15879 | 0.1121 | 0.0010 | 4.7948 | 0.2565 | 0.3103 | 0.0164 | 0.986 | 1833 | 16 | 1784 | 45 | 1742 | 80 | -5 |
| 9048-5-95 | 202 | 65.80 | 0.00 | 1193 | 0.1291 | 0.0013 | 6.1004 | 0.3490 | 0.3426 | 0.0193 | 0.985 | 2086 | 17 | 1990 | 50 | 1899 | 93 | -10 |
| 9048-5-96 | 247 | 63.10 | 0.00 | 26851 | 0.0931 | 0.0008 | 3.4901 | 0.1753 | 0.2719 | 0.0135 | 0.987 | 1490 | 15 | 1525 | 40 | 1550 | 68 | 4 |
| 9048-5-97 | 108 | 23.20 | 0.00 | 10599 | 0.0867 | 0.0007 | 2.7531 | 0.1301 | 0.2304 | 0.0107 | 0.986 | 1353 | 15 | 1343 | 35 | 1337 | 56 | -1 |
| 9048-5-98 | 239 | 63.20 | 0.00 | 26094 | 0.0946 | 0.0008 | 3.6756 | 0.1883 | 0.2818 | 0.0143 | 0.987 | 1520 | 15 | 1566 | 41 | 1600 | 72 | 5 |
| 9048-5-99 | 249 | 65.30 | 0.00 | 32650 | 0.0938 | 0.0008 | 3.6182 | 0.1844 | 0.2799 | 0.0141 | 0.987 | 1503 | 15 | 1554 | 41 | 1591 | 71 | 6 |
| 9048-5-100 | 169 | 48.90 | 0.00 | 10781 | 0.1081 | 0.0009 | 4.5967 | 0.2455 | 0.3083 | 0.0163 | 0.987 | 1768 | 15 | 1749 | 45 | 1732 | 80 | -2 |
| 9048-5-103 | 178 | 56.10 | 0.00 | 7728 | 0.1207 | 0.0012 | 5.5293 | 0.3014 | 0.3324 | 0.0178 | 0.983 | 1966 | 17 | 1905 | 47 | 1850 | 86 | -6 |
| 9048-5-104 | 614 | 167.00 | 0.00 | 15228 | 0.0945 | 0.0007 | 3.6855 | 0.1841 | 0.2829 | 0.0140 | 0.989 | 1518 | 14 | 1568 | 40 | 1606 | 70 | 5 |
| 9048-5-105 | 121 | 29.40 | 0.00 | 13543 | 0.0918 | 0.0007 | 3.2274 | 0.1542 | 0.2551 | 0.0120 | 0.987 | 1462 | 14 | 1464 | 37 | 1465 | 62 | 0 |
| 9048-5-106 | 161 | 41.20 | 0.00 | 20827 | 0.0945 | 0.0007 | 3.5276 | 0.1730 | 0.2707 | 0.0131 | 0.988 | 1518 | 14 | 1533 | 39 | 1544 | 67 | 2 |
| 9048-5-107 | 386 | 133.30 | 0.00 | 2009 | 0.1172 | 0.0010 | 5.8297 | 0.3276 | 0.3609 | 0.0200 | 0.988 | 1913 | 15 | 1951 | 49 | 1986 | 95 | 4 |
| 9048-5-109 | 671 | 151.20 | 0.00 | 3144 | 0.0870 | 0.0007 | 2.8426 | 0.1360 | 0.2371 | 0.0112 | 0.987 | 1359 | 14 | 1367 | 36 | 1372 | 58 | 1 |
| 9048-5-110 | 127 | 48.60 | 0.00 | 22795 | 0.1341 | 0.0012 | 7.4316 | 0.4448 | 0.4020 | 0.0238 | 0.988 | 2152 | 15 | 2165 | 54 | 2178 | 109 | 1 |
| 9048-5-111 | 74 | 18.40 | 0.00 | 9115 | 0.0936 | 0.0008 | 3.3655 | 0.1640 | 0.2607 | 0.0125 | 0.986 | 1501 | 15 | 1496 | 38 | 1494 | 64 | 0 |
| 9048-5-112 | 212 | 73.00 | 0.00 | 9618 | 0.1273 | 0.0011 | 6.3578 | 0.3601 | 0.3622 | 0.0203 | 0.988 | 2061 | 15 | 2026 | 50 | 1993 | 96 | -3 |

Примечание. Rho – коэффициент корреляции ошибок отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$; D, % – дискордантность, рассчитанная по формуле: $D = 100 \times |1 - (\text{возраст } ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})/(\text{возраст } ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})|$.

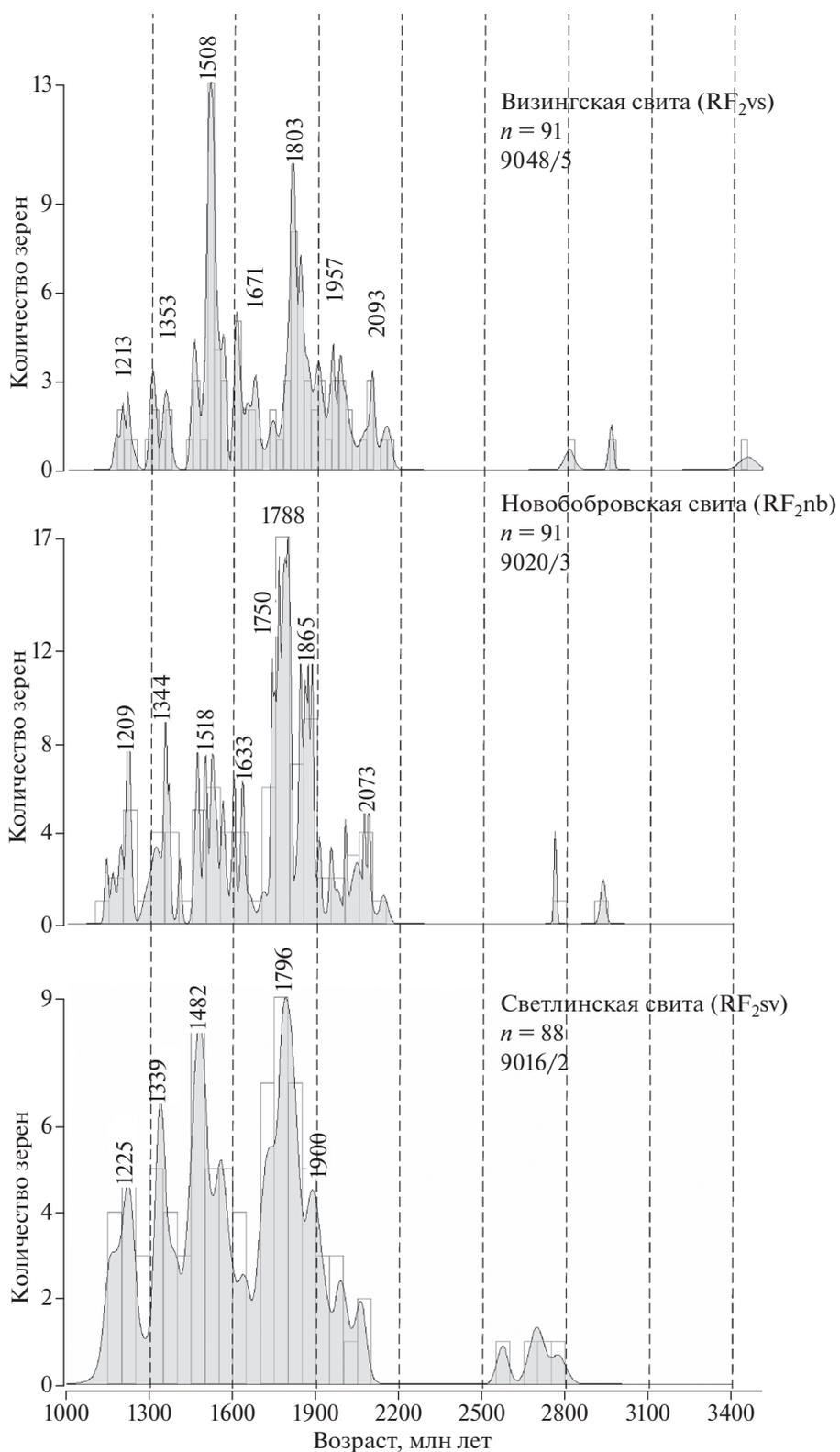


Рис. 4. Гистограммы и кривые плотности вероятности распределения U–Pb изотопных возрастов обломочных цирконов из метатерригенных пород четлаской серии Среднего Тимана (возраст рассчитан по $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, n – количество измерений).

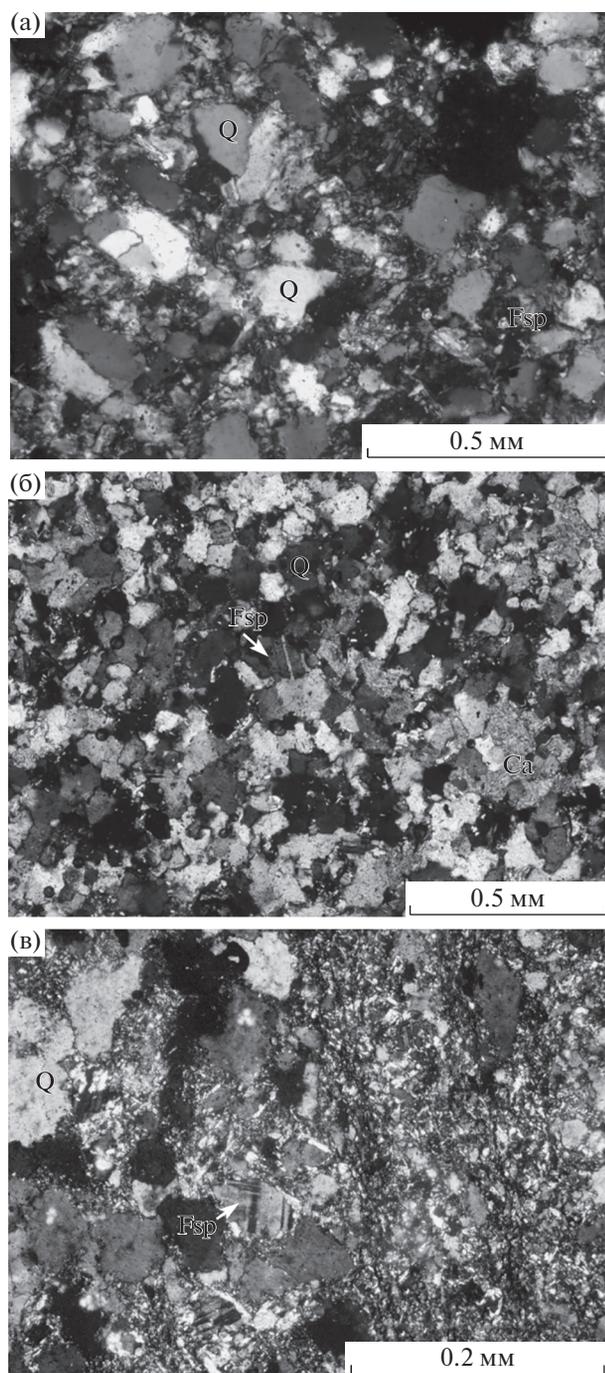


Рис. 5. Микрофотография шлифов в скрещенных николях (а) субаркоз светлинской, (б) субаркоз новобобровской и (в) аркоз визингской свит четласской серии (Q – кварц, Fsp – полевой шпат, Ca – кальцит).

зональности, у некоторых зерен наблюдаются ядра и каймы обрастания (рис. 3).

Для определения степени окатанности датированных кристаллов циркона использована шкала Ф.Дж. Петтиджона (Pettijohn, 1975), позволяющая отнести их к одной из следующих групп:

окатанные, среднеокатанные, угловатые и неокатанные. Примеры зерен с характерной морфологией приведены на рис. 3. Оценка степени окатанности исследованных зерен циркона показала, что в метапесчаниках светлинской и метаалевропесчаниках новобобровской свит преобладают среднеокатанные и угловатые зерна (рис. 7). Для метапесчаников визингской свиты характерно преобладание среднеокатанных и хорошо окатанных зерен циркона. В новобобровской свите ~15% от всей популяции цирконов имеют неокатанный облик с близкой к идиоморфной формой зерен. Для светлинской и визингской свит количество неокатанных зерен циркона меньше, около 4–6% от общей популяции цирконов.

Одной из задач, решавшихся в настоящем исследовании, являлось определение нижнего предела/максимального возраста накопления терригенных пород четласской серии Среднего Тимана. В настоящее время не существует общепринятого подхода к определению максимального возраста осадконакопления (maximum depositional age) на основе данных датирования обломочных цирконов (Dickinson, Gehrels, 2009; Coutts et al., 2019; Johnstone et al., 2019). Наиболее часто используются следующие алгоритмы определения такого возраста, предложенные В. Дикинсоном и Дж. Герелсом (Dickinson, Gehrels, 2009): 1) по возрасту самого молодого зерна среди датированных цирконов (Youngest Single Grain, YSG); 2) по возрасту самого молодого максимума на графиках распределения возрастов обломочных цирконов (Youngest Graphical Peak, YGP), при этом такой максимум должен быть образован определениями возрастов в не менее чем трех зернах; 3) по возрасту самого молодого кластера обломочных цирконов (Youngest Grain Cluster at 1σ , YGC 1σ), определяемому с помощью расчета средневзвешенного значения по двум и более зернам, чьи возрасты перекрываются в пределах ошибки измерения. Эти зерна могут не образовывать максимум на графиках распределения возрастов.

Нами рассчитаны нижние пределы возраста осадконакопления для метаосадочных пород четласской серии с использованием всех трех методов (табл. 3). Возрасты, рассчитанные по алгоритмам YGC 1σ и YGP, с учетом погрешности, довольно близки. В то же время значения, полученные с использованием алгоритма YSG, оказались на 40–60 млн лет моложе значений, определенных двумя первыми алгоритмами. Нами выбран, как наиболее предпочтительный, возраст, рассчитанный по возрасту самого молодого кластера, определяемому с помощью вычисления средневзвешенного значения по двум и более зернам (алгоритм YGC 1σ).

В светлинской свите U–Th–Pb возраст обломочных цирконов определялся в образце метапесчаников субаркозового состава (обр. 9016/2).

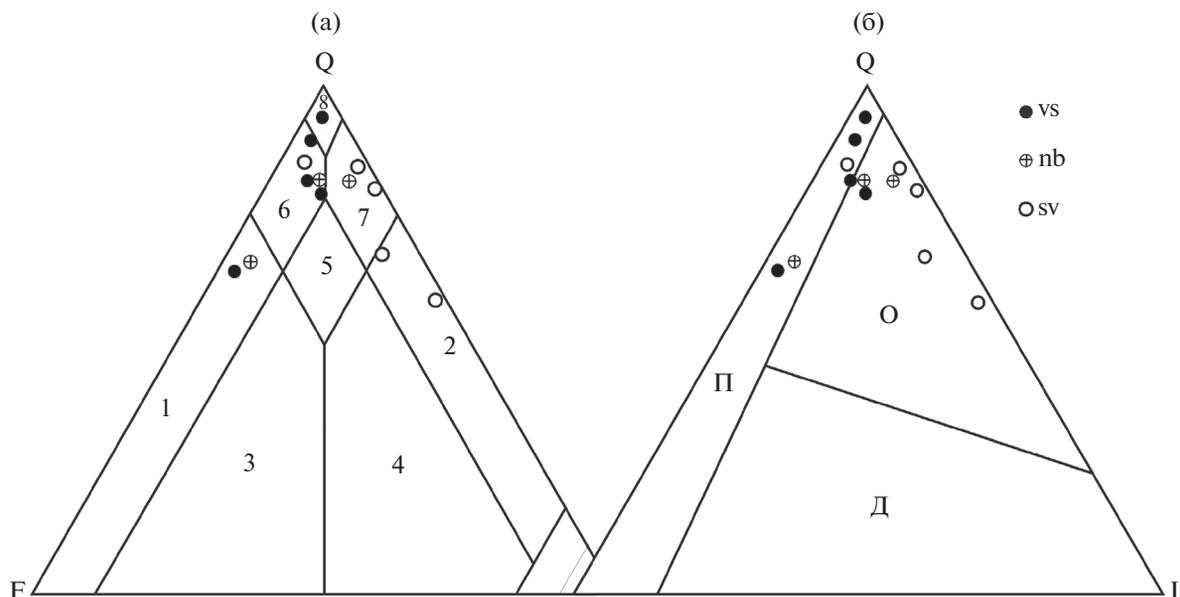


Рис. 6. Диаграммы Q–F–L для метаосадочных пород четласской серии. Условные обозначения: vs – визингская свита; nb – новобобровская свита; sv – светлинская свита. (а): классификационная диаграмма Ф.Дж. Петтиджона (Pettijohn, 1975). 1 – аркозы, 2 – литарениты; 3 – лититовые аркозы; 4 – полевошпатовые литарениты; 5 – лититовые субаркозы; 6 – субаркозы; 7 – сублитарениты; 8 – кварцевые арениты; (б): диаграмма тектонических обстановок (Dickinson et al., 1983). П – платформенные области; О – орогенные комплексы; Д – островные дуги.

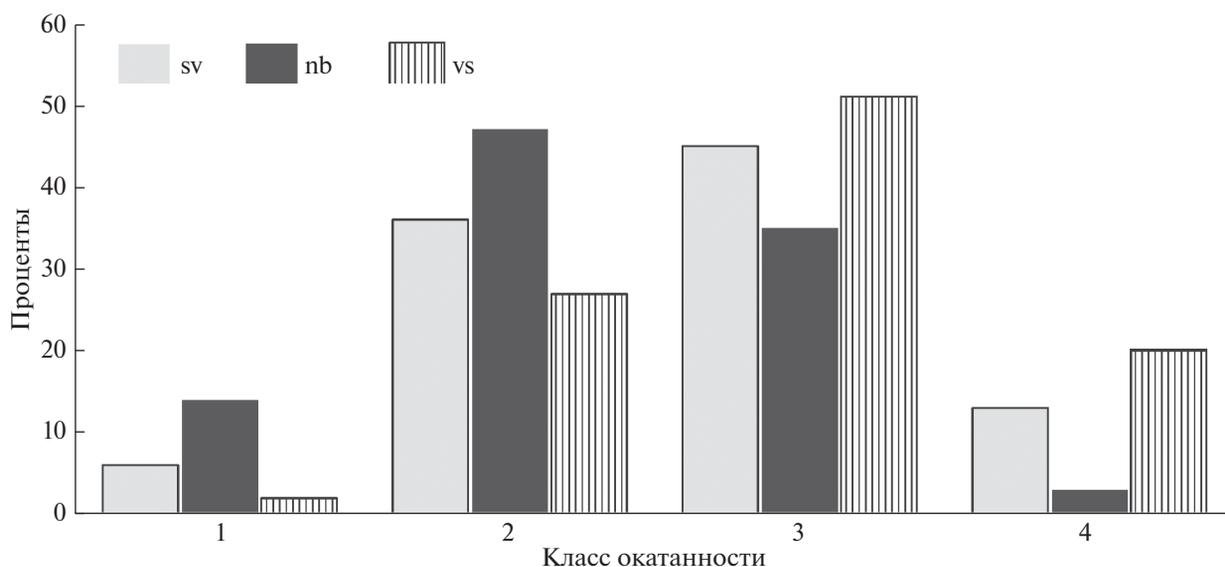


Рис. 7. Гистограмма окатанности зерен цирконов (в %) для исследованных образцов метапесчаников четласской серии. Условные обозначения: sv – светлинская свита; nb – новобобровская свита; vs – визингская свита. Классы окатанности (1–4) приведены по Ф.Дж. Петтиджону (Pettijohn, 1975).

Здесь в 88 зернах из 111 были получены определения возраста с дискордантностью менее 10%, среди них ~40% цирконов имеют раннепротерозойский возраст, 30% – раннерифейский и 20% – среднерифейский. На графике плотности вероятности отмечаются два отчетливых максимума в области

раннепротерозойских возрастов (1900 и 1796 млн лет) и три максимума с рифейскими возрастными (1482, 1339 и 1225 млн лет) (рис. 4).

В новобобровской свите U–Th–Pb возраст обломочных цирконов определялся в образце метаалевропесчаников аркозового состава (обр. 9020/3).

Таблица 3. Данные расчета максимального возраста осадконакопления для метаосадочных пород четласской серии

| Номер образца | Свита | Возраст самого молодого зерна (YSG), млн лет | Возраст самого молодого максимума на графиках распределения возрастов обломочных цирконов (YPP), млн лет | Возраст самого молодого кластера обломочных цирконов (YGC 1σ), млн лет |
|---------------|----------------|--|--|--|
| 9016/2 | Светлинская | 1150 ± 16 | 1225 | 1198 ± 36 |
| 9020/3 | Новобобровская | 1140 ± 6 | 1209 | 1200 ± 12 |
| 9048/5 | Визингская | 1175 ± 10 | 1213 | 1223 ± 10 |

Возрасты с дискордантностью менее 10% получены для 91 зерна из 150. Зерна циркона с раннепротерозойскими возрастaми (2100–1700 млн лет) преобладают над зернами с рифейскими возрастaми, единичные зерна имеют архейский возраст. На графике плотности вероятности отмечаются четыре максимума с раннепротерозойскими возрастaми (2073, 1865, 1778 и 1750 млн лет) и столько же максимумов с рифейскими возрастaми (1633, 1518, 1344 и 1209 млн лет) (рис. 4).

В визингской свите U–Th–Pb возраст обломочных цирконов определялся в образце мелкозернистых метапесчаников, по составу относящихся к кварцевым аренитам (обр. 9048/5). Определения возраста с дискордантностью менее 10% получены для 91 зерна из 113. Около половины обломочных цирконов имеют раннепротерозойские возрастa, примерно 40% зерен – раннерифейские возрастa и не более 10% зерен – среднерифейские возрастa. Обломочные цирконы с архейскими возрастaми в составе данной популяции крайне редки. На графике плотности вероятности отмечаются четыре максимума с раннепротерозойскими (2093, 1957, 1803 и 1671 млн лет) возрастaми и три максимума с рифейскими (1508, 1353 и 1213 млн лет) возрастaми (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Распределение U–Th–Pb возрастов обломочных цирконов, выделенных из метаосадочных пород четласской серии Четласского Камня, в значительной степени сходно (рис. 4), что, вероятно, указывает на единый источник обломочного материала для всех изученных образцов. Преобладают обломочные цирконы раннепротерозойского возраста, составляющие около 52% от всей изученной популяции, обломочные цирконы с раннерифейскими возрастaми составляют примерно 33%, а со среднерифейскими – около 14% от общего числа датированных зерен. На долю обломочных цирконов с архейскими возрастaми приходится не более 1%.

Источниками цирконов с архейскими возрастaми могли являться магматические и метаморфические породы того же возраста, обнажающи-

еся в северо-западной части Балтики (рис. 1а) (Korja et al., 2006; Зозуля и др., 2007; Сергеев и др., 2007; Bogdanova et al., 2008; Бибикина и др., 2009; Ларин, 2009; Егорова, 2014). Обломочные цирконы с раннепротерозойскими (1.9–1.7 млрд лет) возрастaми могли поступать из раннепротерозойских комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы (Петров, 1999; Балтыбаев и др., 2004; Балтыбаев, Левченков, 2005; Балтыбаев, 2005; Korja et al., 2006; Балаганский и др., 2016 и др.). В то же время, учитывая наличие значительного числа окатанных и среднеокатанных зерен этого возраста (рис. 3), что предполагает их неоднократное переотложение (Pettijohn, 1975), их источником могли служить более древние осадочные породы, в частности обнажающиеся в пределах Свеконорвежско-Гренвилльского орогена, расположенного на севере и северо-западе (в современных координатах) Балтики (Bingen et al., 2008; Rivers et al., 2012; Spencer et al., 2015; Mints, 2017 и др.).

Источником цирконов с раннерифейскими возрастaми кристаллизации (1570–1500 млн лет) являлись, вероятно, граниты рапакиви, широко развитые на Балтийском щите (рис. 1а) (Amelin et al., 1997; Баянова и др., 2002; Bogdanova et al., 2008; Ларин, 2009; Rämö et al., 2014 и др.). Граниты рапакиви служили основным источником обломочного материала и при накоплении нижнерифейских отложений Паша-Ладожского грабена (Купцова и др., 2011; Ивлева и др., 2016; Ershova et al., 2019).

Для цирконов с возрастaми кристаллизации от 1370 до 1170 млн лет источник сноса был иным, так как комплексы пород такого возраста практически отсутствуют в структурах фундамента Балтики (Bogdanova et al., 2008; Lahtinen, 2012 и др.). В то же время магматические и метаморфические события в интервале 1.0–1.4 млрд лет широко проявлены в пределах Свеконорвежско-Гренвилльского орогена (включая участвующие в его строении террейны), расположенного на северо-западе (в современных координатах) Балтики (Bingen et al., 2008; Rivers et al., 2012; Spencer et al., 2015; Mints, 2017 и др.). Выполненное ранее (Kuznetsov et al., 2010) U–Th–Pb датирование обломочных цирконов из песчаников верхнерифейской джежимской свиты Южного Тимана показало

преобладание зерен с раннепротерозойскими и позднеархейскими возрастными, в то же время в составе исследованной популяции присутствовало ~7% зерен с возрастом от 1350 до 1200 млн лет. Авторы указанной работы высказали предположение, что породы джежимской свиты сформировались в основном за счет размыва кристаллических комплексов северных и центральных частей Балтики. В то же время, согласно исследованиям, основанным на оценке возраста обломочных цирконов из рифейских пород Среднего и Северного Тимана, в том числе и четласской серии (Андреичев и др., 2013, 2014; Удоратина и др., 2017; Соболева и др., 2019), источниками обломочного материала для них выступали и кристаллические комплексы фундамента Балтики, и породы расположенного на ее северо-западной периферии Свеконорвежско-Гренвилльского орогена.

Наши петрографические исследования показали, что для терригенных пород четласской серии основным источником обломочного материала были орогенные области (рис. 6б), и наиболее вероятным кандидатом на роль такой питающей провинции является существовавший в это же время Свеконорвежско-Гренвилльский ороген. Однако широкое распространение среднеокатаных и угловатых цирконов, имеющих средне- и раннерифейские возрасты (рис. 3), как и присутствие незрелых песчаников, близких по составу к аркозам и лититовым ареникам (рис. 6а), свидетельствует об относительно близком расположении источника сноса и/или незначительной переработке обломочного материала при транспортировке осадка, что ставит под сомнение перенос обломочного материала из области распространения породных ассоциаций современного Свеконорвежско-Гренвилльского орогена. В то же время еще в публикации (Lorenz et al., 2012) было высказано предположение, что Свеконорвежско-Гренвилльский ороген протягивался вдоль всей северной окраины Балтики и далее на север (в современных координатах), приближаясь к рассматриваемым в настоящей работе объектам на Среднем Тимане, т.е. слагавшие его комплексы пород могли располагаться заметно ближе к рассматриваемому в настоящей статье региону, чем это наблюдается ныне.

В пользу точки зрения Х. Лоренца с соавторами (Lorenz et al., 2012) свидетельствует широкое распространение обломочных цирконов с среднерифейскими возрастными на северной и северо-восточной окраинах Балтики. Присутствие обломочных цирконов со среднерифейскими возрастными отмечено в песчаниках среднерифейской ишеримской свиты Северного Урала (Петров и др., 2015; Маслов и др., 2018б), породах базальных уровней каратавия Южного Урала (Маслов и др., 2018а), верхнерифейских отложениях Южного (Kuznetsov et al., 2010) и Северного Тимана (Андреичев и др., 2013, 2014), п-овов Рыбачий и Средний (Михайленко

и др., 2016), метаосадочных породах Северной Норвегии (Zhang et al., 2015, 2016). Сравнение распределения U–Th–Pb возрастов обломочных цирконов из средне- и верхнерифейских толщ Балтики и ее периферии (Тиманская гряда, докалендонские комплексы Скандинавии, Южный и Средний Урал) (рис. 8) показывает значительное их сходство, что указывает, по всей видимости, на единый источник сноса обломочного материала. Следовательно, наиболее вероятно, что одним из основных источников сноса для верхнедевонских терригенных пород Тимана, Южного и Среднего Урала и докалендонских комплексов Скандинавии выступал Свеконорвежско-Гренвилльский ороген, что подтверждает предположение о существенно более широком его распространении на севере Балтики (в современных координатах) (Lorenz et al., 2012).

Проведенное U–Th–Pb датирование обломочных цирконов дает возможность определить нижнюю возрастную границу пород четласской серии и уточнить стратиграфическое расчленение изучаемых комплексов. Считается (Sawood et al., 2012), что осадочные бассейны, питающиеся обломочным материалом, поступающим за счет разрушения расположенных рядом орогенов, характеризуются присутствием обломочных цирконов с возрастом, близким к возрасту седиментации. Это позволяет предполагать, что возраст наиболее молодых цирконов в изученных нами терригенных комплексах рифея Среднего Тимана является близким к возрасту седиментации. Возрасты, рассчитанные на основе возраста самого молодого максимума на графиках распределения (YPP), варьируют от 1225 до 1209 млн лет, средневзвешенные возрасты молодых кластеров обломочных цирконов (YGC 1 σ) – от 1198 до 1223 млн лет. Полученные данные свидетельствуют о том, что породы четласской серии сформировались не ранее середины среднего рифея. Наиболее молодые цирконы среди датированных популяций хорошо сопоставляются с магматическими и тектоническими событиями в интервале 1170–1135 млн лет, которые интерпретируются (Bingen, Solli, 2009) как свидетельство формирования активной окраины и задуговых бассейнов на ранних стадиях развития Свеконорвежско-Гренвилльского орогена. В то же время интенсивные тектонические события, сопровождавшиеся синколлизонным гранитным магматизмом, происходили в Свеконорвежско-Гренвилльском орогене около 1050–1020 млн лет назад (Bingen et al., 2008; Rivers et al., 2012; Spencer et al., 2015). Если считать, что Свеконорвежско-Гренвилльский ороген был одним из основных источников обломочного материала, то отсутствие не только отчетливых максимумов, но даже единичных цирконов такого возраста, как в популяциях, изученных в работе (Удоратина и др., 2017) и в нашем исследовании, свидетельствует о

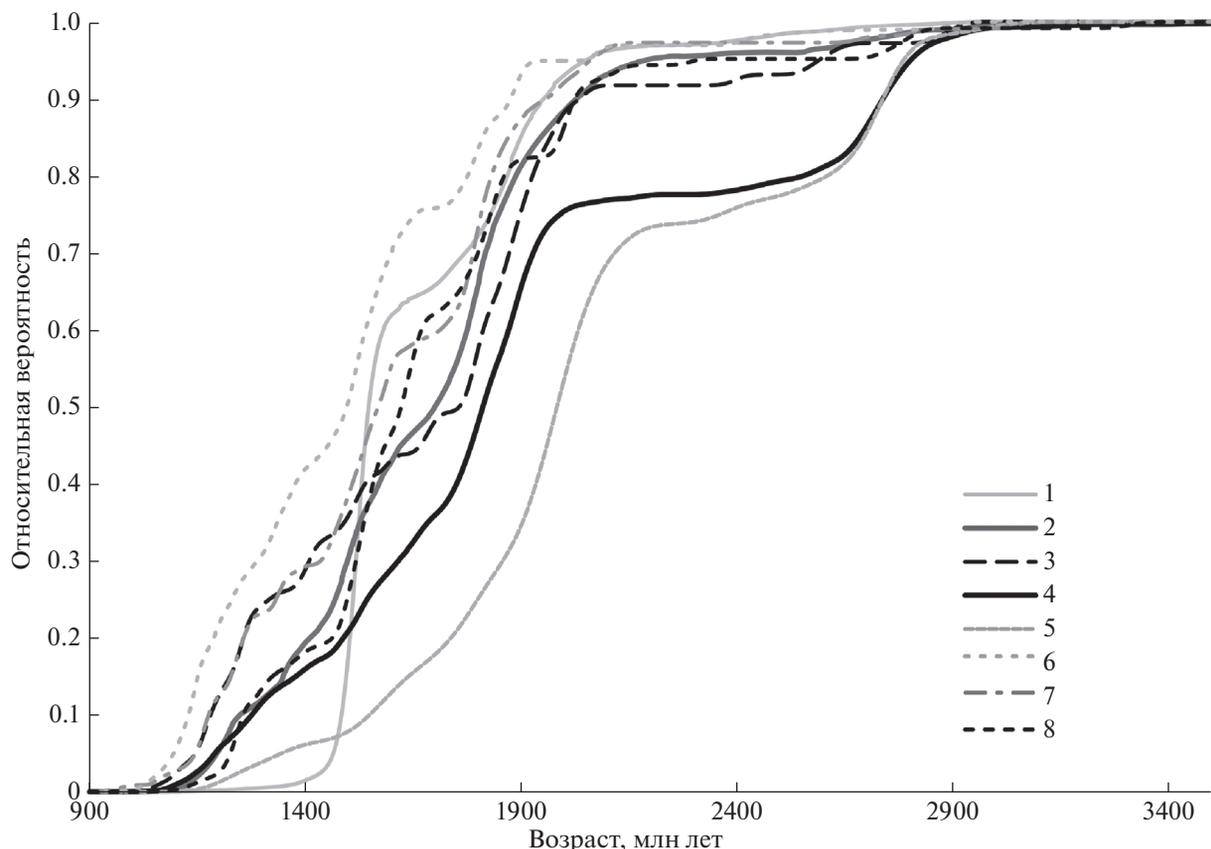


Рис. 8. Кумулятивные кривые изотопных возрастов обломочных цирконов четласской серии и рифейских толщ Балтики и ее периферии.

1 – рифейские осадочные породы Паша-Ладожского грабена (Купцова и др., 2011; Ивлева и др., 2016); 2 – четласская серия, Средний Тиман (настоящая работа; Удоратина и др., 2017); 3 – рифейские осадочные породы Кольского п-ова (Михайленко и др., 2016); 4 – неопротерозойские осадочные породы Северной Норвегии (Zhang et al., 2015); 5 – поздннеопротерозойские осадочные породы Южного Тимана (Kuznetsov et al., 2010); 6 – рифейские толщи Северного Тимана (Андреичев и др., 2013, 2014); 7 – аркозовые песчаники бирьянской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея Южного Урала (Маслов и др., 2018а); 8 – терригенные породы среднего рифея Среднего Урала (Петров и др., 2015; Маслов и др., 2018б).

том, что формирование пород четласской серии завершилось, скорее всего, до ~1170 млн лет. Это позволяет значительно сузить стратиграфический интервал формирования терригенных толщ четласской серии до средней части среднего рифея.

ВЫВОДЫ

Минералого-петрографический состав метатерригенных пород четласской серии Среднего Тимана и слабая окатанность значительной части присутствующих в них обломочных цирконов указывают на относительно близкое положение бассейна осадконакопления и источников обломочного материала.

Подтверждено, что в метапесчаниках четласской серии Среднего Тимана присутствуют обломочные цирконы с архейско-раннепротерозойскими, ранне- и среднерифейскими возрастами. Архейско-раннепротерозойские и раннерифейские (около

1570–1500 млн лет) магматические и метаморфические породы широко развиты в фундаменте Балтики, и, вероятно, именно они выступали источниками обломочных цирконов этого временного интервала, присутствующих в породах светлинской, новобобровской и визингской свит.

Среднерифейские магматические и метаморфические комплексы в пределах фундамента Балтики неизвестны, а следовательно, источники обломочных цирконов с такими возрастными находились, скорее всего, вне пределов кристаллического цоколя Балтики. Близкие по возрасту магматические и метаморфические образования широко распространены в структурах Свеконорвежско-Гренвилльского орогена. Результаты наших исследований дают основание полагать, что одним из источников обломочного материала для терригенных отложений четласской серии Среднего Тимана выступал, по всей видимости, именно названный ороген вме-

сте с входящими в его состав более древними террейнами.

Возраст наиболее молодых обломочных цирконов в изученных метапесчаниках фиксирует нижний предел возраста накопления терригенных пород четласской серии. В то же время отсутствие цирконов с возрастом около 1050–1020 млн лет, характерных для интенсивного магматического события в Свеконорвежско-Гренвилльском орогене, предполагает, что к этому рубежу накопление отложений четласской серии уже завершилось. Таким образом, слагающие четласскую серию метатерригенные породы отвечают интервалу 1170–1140 млн лет, т.е. относятся к средней части среднего рифея.

Данные о присутствии обломочных цирконов со среднерифейскими возрастными в терригенных породах юрматиния и каратавия Северного и Южного Тимана, Среднего и Южного Урала и Северной Норвегии свидетельствуют, на наш взгляд, о существенно более широком распространении комплексов пород Свеконорвежско-Гренвилльского орогена на севере (в современных координатах) палеоконтинента Балтика. Они, вероятно, в значительной степени переработаны последующими тектоническими событиями и перекрыты в настоящее время мощным осадочным чехлом и водами Баренцева моря.

Благодарности. Рецензии В.В. Акинина и А.Б. Котова позволили существенно улучшить представленную работу. Отбор образцов для данного исследования проводился в рамках проекта “Выполнение геолого-съемочных работ в пределах листов Q-39-XXXIII, XXXIV (Вымская площадь)”, ЗАО “Поляргео”, ФГБУ “ВСЕГЕИ”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреичев В.Л., Соболева А.А., Герелс Дж.* U–Pb–возраст детритовых цирконов из верхнедокембрийских терригенных отложений Северного Тимана // Докл. АН. 2013. Т. 450. № 5. С. 562–566.
- Андреичев В.Л., Соболева А.А., Герелс Дж.* U–Pb возраст и источники сноса обломочных цирконов из верхнедокембрийских отложений Северного Тимана // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 2. С. 32–45.
- Балаганский В.В., Горбунов И.А., Мудрук С.В.* Палеопротерозойские Лапландско-Кольский и Свеконорвежский орогены (Балтийский щит) // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. Т. 26. № 3. С. 5–11.
- Балтыбаев Ш.К.* Свеконорвежские Фенноскандии: пространственно-временная корреляция эндогенных процессов. Автореф. дисс. ... докт. геол.-мин.наук. СПб.: ИГГД РАН, 2005. С. 46.
- Балтыбаев Ш.К., Левченков О.А.* Вулканиды в свеконорвежских Приладожья и результаты U–Pb, Pb–Pb датирования пород разного генезиса как основа для корреляции свеконорвежских событий // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13. № 2. С. 3–18.
- Балтыбаев Ш.К., Левченков О.А., Бережная Н.Г., Левский Л.К., Макеев А.Ф., Яковлева С.З.* Время и длительность свеконорвежской плутонометаморфической активности на юго-востоке Балтийского щита, Приладожье // Петрология. 2004. Т. 12. № 4. С. 374–393.
- Баянова Т.Б., Пожиленко В.И., Смолькин В.Ф., Кудряшов Н.М., Каулина Т.В., Ветрин В.Р.* Каталог геохронологических данных по северо-восточной части Балтийского щита. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2002. 53 с.
- Бибикова Е.В., Богданова С.В., Постников А.В., Попова Л.П., Кирилова Т.И., Фугзан М.М., Глуценко В.В.* Зона сочленения Сарматии и Волго-Уралии: изотопно-геохимическая характеристика супракрусталльных пород и гранитоидов // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009. Т. 17. № 6. С. 3–16.
- Гецен В.Г.* Тектоника Тимана. Л.: Наука, 1987. 171 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации 1 : 1000000 (третье поколение). Лист Q-39 (Нарьян-Мар). Объяснительная записка. Ред. Яковсон К.Э. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2016. 517 с.
- Егорова Ю.С.* Санукитоиды Фенно-Карельской провинции Балтийского щита: геология, состав, источники. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. СПб.: ИГГД РАН, 2014. 20 с.
- Зозуля Д.Р., Баянова Т.Б., Серов П.Н.* Возраст и изотопно-геохимические характеристики архейских карбонатитов и щелочных пород Балтийского щита // Докл. АН. 2007. Т. 415. № 3. С. 383–388.
- Ивлева А.С., Подковыров В.Н., Ершова В.Б., Анфисон О., Худолей А.К., Федоров П.В., Маслов А.В., Здобин Д.Ю.* Результаты U–Pb (LA ICP MS) датирования обломочных цирконов из верхневендско-нижнекембрийских отложений востока Балтийской моноклизы // Докл. АН. 2016. Т. 468. № 4. С. 441–446.
- Купцова А.В., Худолей А.К., Дэвис В., Рейнбург Р.Х., Ковач В.П., Загорная Н.Ю.* Возраст и источники сноса песчаников приозерской и салминской свит рифея в восточном борту Пашско-Ладожского бассейна (южная окраина Балтийского щита) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2011. Т. 19. № 2. С. 3–19.
- Ларин А.М.* Граниты рапакиви в геологической истории Земли. Статья 1. Рапакивигранитсодержащие магматические ассоциации: возраст, геохимия, тектоническое положение // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2009. Т. 17. № 3. С. 3–28.
- Маслов А.В., Ерохин Е.В., Гердес А., Ронкин Ю.Л., Иванов К.С.* Первые результаты U–Pb LA-ICP-MS датирования обломочных цирконов из аркозовых песчаников бирьянской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея (Южный Урал) // Докл. АН. 2018а. Т. 482. № 5. С. 558–561.
- Маслов А.В., Петров Г.А., Ронкин Ю.Л.* К реконструкции состава пород – источников сноса для средне- и верхнерифейских отложений Ишемского и Башкирского антиклинориев (Урал) // Геохимия. 2018б. № 5. С. 410–426.
- Михайленко Ю.В., Соболева А.А., Хоуриган Д.К.* U–Pb возраст детритовых цирконов из верхнедокембрий-

- ских отложений полуострова Средний и Рыбачий (северное обрамление Кольского полуострова) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 5. С. 3–27.
- Оловянишников В.Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 163 с.
- Петров В.П. Метаморфизм раннего протерозоя Балтийского щита. Апатиты: КНЦ РАН, 1999. 325 с.
- Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Гердес А., Маслов А.В. Первые результаты U–Pb (LA-ICP-MS)-датирования обломочных цирконов из метапесчаников Ишемского антиклинория (Северный Урал) // Докл. АН. 2015. Т. 464. № 5. С. 589–593.
- Сергеев С.А., Бибикова Е.В., Матуков Д.И., Лобач-Жученко С.Б. Возраст пород и метаморфических процессов Водлозерского комплекса Балтийского щита (по результатам анализа цирконов U–Th–Pb изотопным методом на ионном микрозонде SHRIMP II) // Геохимия. 2007. № 2. С. 229–236.
- Соболева А.А., Андреев В.Л., Бурцев И.Н., Никулова Н.Ю., Хубанов В.Б., Соболев И.Д. Детритовые цирконы из верхнедокембрийских пород вымской серии Среднего Тимана: U–Pb возраст и источники сноса // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2019. Т. 94. Вып. 1. С. 3–16.
- Удортина О.В., Бурцев И.Н., Никулова Н.Ю., Хубанов В.Б. Возраст метапесчаников верхнедокембрийской четласской серии Среднего Тимана на основании U–Pb датирования детритных цирконов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2017. Т. 92. Вып. 5. С. 15–32.
- Amelin Y.A., Larin A.M., Tucker R.D. Chronology of multi-phase emplacement of the Salmi Rapakivi granite anorthosite complex, Baltic shield: implications for magmatic evolution // Contrib. Mineral. Petrol. 1997. V. 127. P. 353–368.
- Andersen T., Andersson U.B., Graham S., Aberg G., Simonsen S.L. Granitic magmatism by melting of juvenile continental crust: new constraints on the source of Palaeoproterozoic granitoids in Fennoscandia from Hf isotopes in zircon // J. Geol. Soc. (London). 2009. V. 166. P. 233–247.
- Andersen T., Elburg M.A., Magwaza B.N. Sources of bias in detrital zircon geochronology: discordance, concealed lead loss and common lead correction // Earth-Sci. Rev. 2019. V. 197. P. 1–15.
- Bingen B., Solli A. Geochronology of magmatism in the Caledonian and Sveconorwegian belts of Baltica: synopsis for detrital zircon provenance studies // Norwegian J. Geol. 2009. V. 89. P. 267–290.
- Bingen B., Nordgulen Ø., Viola G. A four-phase model for the Sveconorwegian orogeny, SW Scandinavia // Norsk Geol. Tidsskrift. 2008. V. 88. P. 43–72.
- Bogdanova S.V., Bingen B., Gorbatshev R., Kheraskova T.N., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Volozh Yu.A. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // Precambrian Res. 2008. V. 160. P. 23–45.
- Cawood P.A., Hawkesworth C., Dhuime B. Detrital zircon record and tectonic setting // Geology. 2012. V. 40. P. 875–878.
- Coutts D.S., Matthews W.A., Hubbard S.M. Assessment of widely used methods to derive depositional ages from detrital zircon populations // Geosci. Front. 2019. V. 10. P. 1421–1435.
- Dickinson W.R. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose // J. Sed. Petrol. 1970. V. 40. P. 695–707.
- Dickinson W.R., Gehrels G.E. Use of U–Pb ages of detrital zircons to infer maximum depositional ages of strata: a test against a Colorado Plateau Mesozoic database // Earth Planet. Sci. Lett. 2009. V. 288. P. 115–125.
- Dickinson W.R., Beard L.S., Brakenridge G.R., Erjavec J.L., Ferguson R.C., Inman K.F., Knepp R.A., Lindberg F.A., Ryberg P.T. Provenance of North American sandstones in relation to tectonic setting // Bull. Geol. Soc. Am. 1983. V. 94. P. 222–235.
- Ershova V.B., Ivleva A.S., Podkovyrov V.N., Khudoley A.K., Fedorov P.V., Stockli D., Anferson O., Maslov A.V., Khubanov V. Detrital zircon record of the Mesoproterozoic to Early Cambrian sequences of NW Russia: implications for the paleogeography of the Baltic interior // GFF. 2019. <https://doi.org/10.1080/11035897.2019.1625073>
- Huhma H., Mänttari I., Peltonen P., Kontinen A., Halkoaho T., Hanski E., Hokkanen T., Hölttä P., Juopperi H., Konnunaho J., Layahe Y., Luukkonen E., Pietikäinen K., Pulkkinen A., Sorjonen-Ward P., Vaasjoki M., Whitehouse M. The age of the Archaean greenstone belts in Finland // Geol. Surv. Finland Spec. Pap. 2012. V. 54. P. 74–175.
- Ingersoll R.V., Bullard T.F., Ford R.L., Grimm J.P., Pickle J.D., Sares S.W. The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi–Dickinson pointcounting method // J. Sed. Petrol. 1984. V. 54. P. 212–220.
- Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A. The application of laser ablation-inductively coupled plasma mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology // Chem. Geol. 2004. V. 211. P. 47–69.
- Johnstone S.A., Schwartz T.M., Holm–Denoma C.S. A Stratigraphic approach to inferring depositional ages from detrital geochronology data // Front. Earth Sci. 2019. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00057>
- Korja A., Lahtinen R., Nironen M. The Svecofennian orogen: a collage of microcontinents and island arcs // Geol. Soc. London Mem. 2006. V. 32. P. 561–578.
- Kuznetsov N.B., Natapov L.M., Belousova E.A., O'Reilly S.Y., Griffin W.L. Geochronological, geochemical and isotopic study of detrital zircon suites from late Neoproterozoic clastic strata along the NE margin of the East European Craton: implications for plate tectonic models // Gondwana Res. 2010. V. 17. P. 583–601.
- Lahtinen R. Main geological features of Fennoscandia // Geol. Surv. Finland. Spec. Pap. 2012. V. 53. P. 13–18.
- Lorenz H., Gee D.G., Larionov A.N., Majka J. The Grenville–Sveconorwegian orogen in the high Arctic // Geol. Mag. 2012. V. 149. P. 875–891.
- Malone D.H., Stein C.A., Craddock J.P., Kley J., Stein S., Malone J.E. Maximum depositional age of the Neoproterozoic Jacobsville Sandstone, Michigan: implications for the evolution of the Midcontinent Rift // Geosphere. 2016. V. 12. P. 1–12.
- Mints M.V. Meso–Neoproterozoic Grenville–Sveconorwegian intracontinental orogeny: history, tectonics, geodynamics // Geodynamics & Tectonophysics. 2017. V. 8. P. 619–642.
- Pettijohn F.J. Sedimentary Rocks. 3rd ed. N.Y.: Harper and Row, 1975. 628 p.

Rämö O.T., Turkki V., Mänttari I., Heinonen A., Larjamo K., Lahaye Y. Age and isotopic fingerprints of some plutonic rocks in the Wiborg rapakivi granite batholith with special reference to the dark wiborgite of the Ristisaari Island // Bull. Geol. Soc. Finland. 2014. V. 86. P. 71–91.

Rivers T., Culshaw N., Hynes A., Indares A., Jamieson R., Marignol J. The Grenville Orogen – a post-LITHOPROBE perspective // Geol. Ass. Can. Spec. Pap. 2012. V. 49. P. 97–236.

Rosa D.R.N., Finch A.A., Andersen T., Inverno C.M.C. U–Pb geochronology and Hf isotope ratios of magmatic zircons from the Iberian Pyrite Belt // Miner. Petrol. 2009. V. 95. P. 47–69.

Spencer C.J., Cawood P.A., Hawkesworth C.J., Prave A., Roberts N., Horstwood M., Whitehouse M. Generation and preservation of continental crust in the Grenville Orogeny // Geosci. Front. 2015. V. 6. P. 357–372.

Vermeesch P. On the visualisation of detrital age distributions // Chem. Geol. 2012. V. 312–313. P. 190–194.

Wiedenbeck M., Allé P., Corfu F., Griffin W.L., Meier M., Oberli F., VonQuadt A., Roddick J.C., Spiegel W. Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analysis // Geostandards Newslett. 1995. V. 19. P. 1–23.

Zhang W., Roberts D., Pease V. Provenance characteristics and regional implications of Neoproterozoic, Timanian-margin successions and a basal Caledonian nappe in northern Norway // Precambrian Res. 2015. V. 268. P. 153–167.

Zhang W., Roberts D., Pease V. Provenance of sandstones from Caledonian nappes in Finnmark, Norway: implications for Neoproterozoic–Cambrian palaeogeography // Tectonophysics. 2016. V. 691. P. 198–205.

Рецензенты В.В. Акинин, А.Б. Котов

Age and Provenance of Rocks of the Riphean Chetlas Group of Middle Timan: U–Th–Pb (LA-ICP-MS) Dating of Detrital Zircons

E. A. Brusnitsyna^{a, #}, V. B. Ershova^{b, d, ##}, A. K. Khudoley^b, T. Andersen^c, and A. V. Maslov^{d, e}

^aKarpinsky All-Russian Research Geological Institute, St. Petersburg, Russia

^bSaint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

^cThe University of Oslo, Department of Geological Sciences, Oslo, Norway

^dGeological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

^eInstitute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

[#]e-mail: brusnitsyna@yandex.ru

^{##}e-mail: v.ershova@spbu.ru

U–Th–Pb (LA-ICP-MS) dating of detrital zircons from metaterrigenous rocks of the Chetlas Group of the Upper Precambrian of Middle Timan (Svetlinskaya, Novobobrovskaya, and Vizingskaya formations) made it possible to reconstruct the provenance of clastic and establish the maximum depositional age (mid–end of the Middle Riphean). It was found that the studied terrigenous rocks contain zircons of Archean–Early Proterozoic, Early and Middle Riphean ages. The source area of Archean–Early Proterozoic and Early Riphean zircons is the uplifts of the basement of the East European platform (EEP). The presence of Middle Riphean detrital zircons in all studied formations indicates a significant role of the Sveconorwegian–Grenvillian orogen as a source of clastic for sedimentary strata of Middle Timan. The obtained data support the assumptions on wider distribution of the Sveconorwegian–Grenvillian Orogen in the north of the EEP during the deposition of the Upper Precambrian sedimentary sequences of Northern Norway, Timan, the Middle and Southern Urals, and, possibly, a number of other EEP regions.

Keywords: Middle Timan, Riphean, Chetlas Group, detrital zircons