

УДК 552.08:551.733.1(574.3)

## ПОЗДНЕОПРОТЕРОЗОЙСКИЙ ВОЗРАСТ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ УЛУТАУСКОГО МАССИВА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН): РЕЗУЛЬТАТЫ U–Th–Pb (SIMS)-ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© 2020 г. А. А. Третьяков<sup>1,\*</sup>, академик РАН К. Е. Дегтярев<sup>1</sup>, Н. А. Каныгина<sup>1</sup>, Н. К. Данукалов<sup>1</sup>

Поступило 09.06.2020 г.

После доработки 06.07.2020 г.

Принято к публикации 07.07.2020 г.

Проведено изучение метаморфизованных дифференцированных вулканогенных толщ аралбайской серии восточной части Улутауского докембрийского массива Центрального Казахстана. Для андезидацитов впервые получена U–Th–Pb (SIMS)-оценка возраста ( $757 \pm 7$  млн лет) их кристаллизации, свидетельствующая о формировании этих надсубдукционных вулканитов в конце тонийского периода неопротерозоя.

*Ключевые слова:* поздний неопротерозой, дифференцированный вулканизм, андезидациты, циркон

DOI: 10.31857/S2686739720090200

Докембрийские дифференцированные вулканогенные серии являются характерными элементами строения фанерозойских складчатых поясов. В пределах Центрально-Азиатского складчатого пояса подобные комплексы широко распространены в его центральной и северо-восточной частях, где их формирование связано с эволюцией различных палеоокеанических структур в течение неопротерозоя (~1.0–0.72 млрд лет) и свидетельствует о наращивании ювенильной континентальной коры [7].

В западной части пояса в пределах массивов с докембрийской континентальной корой развиты зрелые терригенные последовательности, вулканогенные толщи кислого состава и гранитоиды, формировавшиеся с конца мезо- до середины неопротерозоя. Входящие в состав этих комплексов кислые магматические породы принадлежат к высококальциевой известково-щелочной и щелочно-известковой сериям, обладают умеренной, высокой глиноземистостью, для них характерны  $\epsilon Nd(t) = -5.9; -1.7$  и  $tNd(DM) = 1.7-2.6$  млрд лет [8]. Эти данные позволяют считать, что в этой части пояса в позднем докембрии преобладали процессы тектоно-магматической переработки комплексов раннедокембрийской континентальной коры [9]. Отсутствие среди докембрийских ком-

плексов западной части пояса дифференцированных вулканогенных серий с большей долей пород среднего и основного состава может отражать удаленность этих образований от зон конвергенции [9].

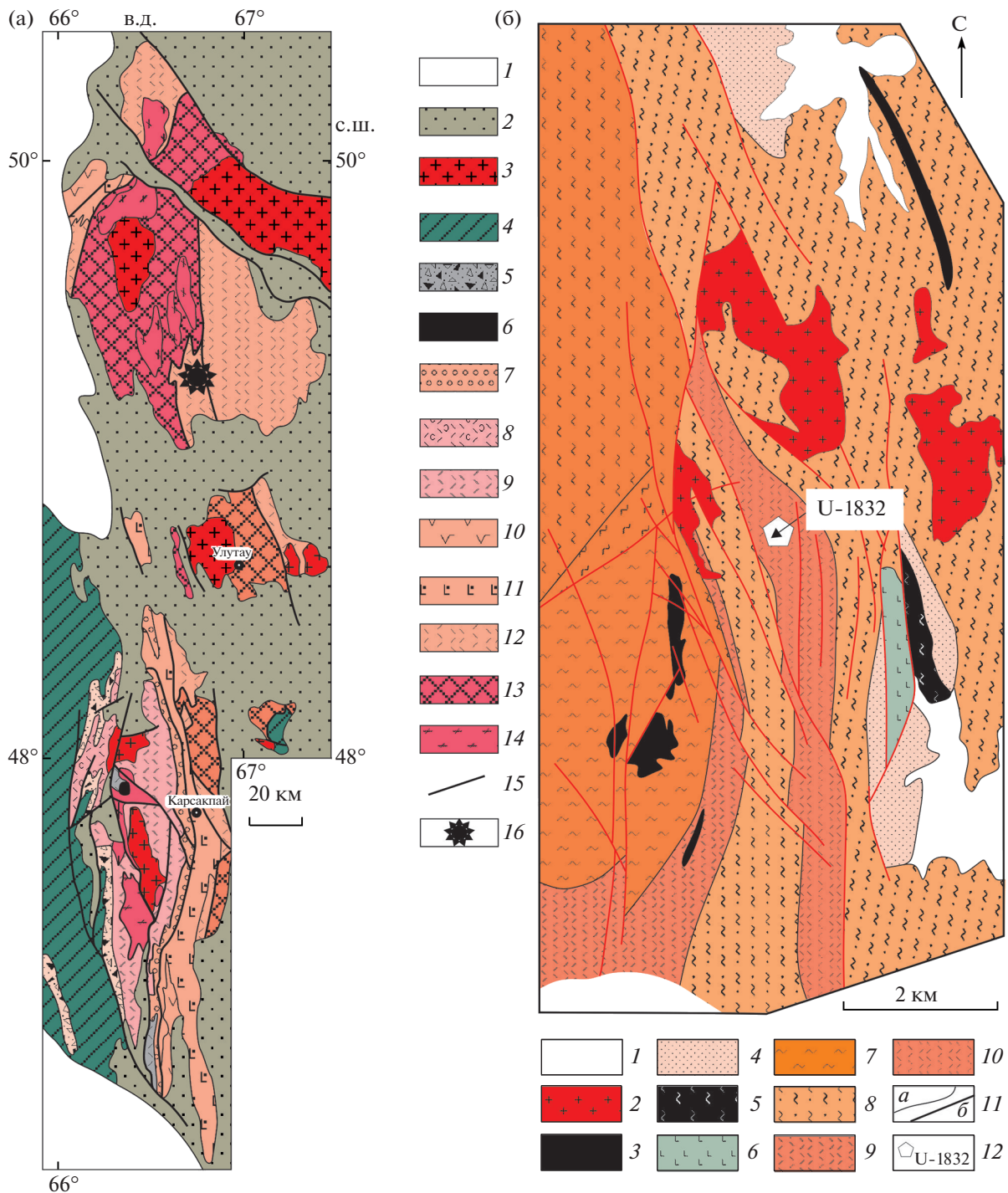
Отличительной чертой Улутауского массива, расположенного в западной части Центрального Казахстана, является присутствие среди слагающих его комплексов как гранитоидов и вулканитов кислого состава, так и дифференцированных вулканогенных толщ, а также разрезов с преобладанием эффузивов основного состава [6] (рис 1а).

В западной части массива широко распространены метаморфизованные вулканогенные серии кислого состава (жиидинская, майтюбинская, коксуйская серия) и комагматичные им гранитоиды жаункарского и актасского комплексов [6, 9]. Их формирование связано с тонийским (840–790 млн лет) этапом магматизма, широко проявленным в пределах многих докембрийских массивов западной части Центрально-Азиатского пояса [3, 4, 9].

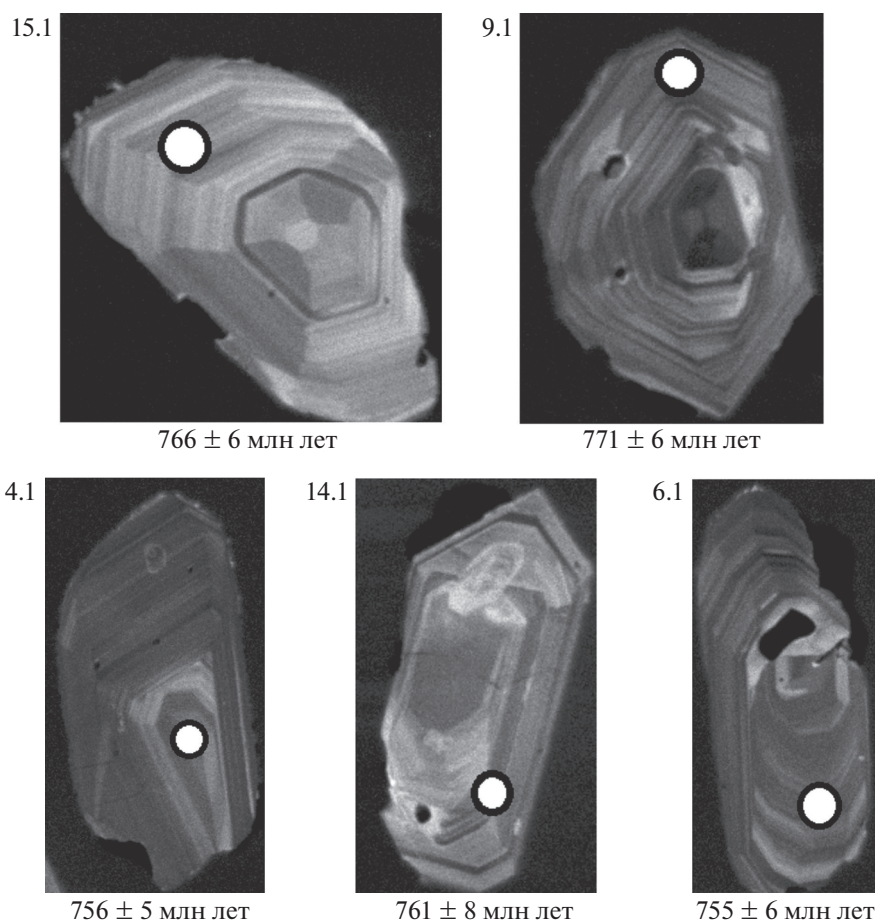
В восточной части Улутауского массива полностью отсутствуют докембрийские гранитоиды, а среди стратифицированных образований преобладают расланцованные эффузивы и туфы основного и среднего составов, чередующиеся с терригенными и хемогенными породами (рис. 1а). Предполагается, что наиболее низкое положение среди этих образований занимает аралбайская серия, сложенная терригенными и вулканогенно-осадочными породами базальт–андезит–риоли-

<sup>1</sup> Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

\*E-mail: and8486@yandex.ru



**Рис. 1.** а – Схема геологического строения Улутауского сиалического массива по [9] с упрощениями и дополнениями. 1 – мезо-кайнозойские отложения, 2 – девонские и каменноугольные вулканогенные, вулканогенно-осадочные, осадочные отложения, 3 – девонские и позднеордовикские гранитоиды, 4 – нижнепалеозойские осадочные отложения, 5 – венские вулканогенные и осадочные толщи, 6 – карсакапайский комплекс щелочных сиенитов, 7–12 – метаморфизованные вулканогенно-осадочные толщи довенского фундамента: 7 – боздакская серии, западная часть; 8 – кокусуйская серия, 9 – майтюбинская и жиидинская серии, восточная часть; 10 – белеутинская, 11 – карсакапайская, 12 – аралбайская, 13 – метаморфические толщи бектурганской и баладжездинской серий, 14 – массивы рассланцованных гранитоидов, 15 – разломы, 16 – участок детальных работ в окрестностях г. Жаксы-Арганаты (рис. 1б). б – Схема геологического строения окрестностей г. Жаксы-Арганаты по [6] с дополнениями. 1 – кайнозойские отложения, 2 – палеозойские гранитоиды, 3 – ультрабазиты, 4–6 – канымская свита: 4 – метапесчаники, 5 – железистые сланцы, 6 – рассланцованные вулканиты основного состава; 7–10 – кокусуйская свита: 7 – металевролиты, 8 – метапесчаники, 9 – рассланцованные туфы среднего и кислого составов, 10 – рассланцованные эффузивы среднего и кислого составов, 11: а – геологические границы, б – разрывные нарушения, 12 – место отбора и номер пробы для U–Th–Pb изотопно-геохронологических исследований.



**Рис. 2.** Микрофотографии кристаллов циркона из рассланцованного андезидацита коскульской свиты (проба U-1832), выполненные на электронном микроскопе Camscan MX 2500S в режиме катодолюминесценции. Номера точек соответствуют номерам в табл. 1.

товой серии [6]. Более высокое положение занимает джеспилитовая карсакпайская серия, в разрезе которой чередуются базальты, туфы основного состава, железистые кварциты, сланцы и карбонаты [2]. Разрез вулканогенного комплекса восточной части Улутауского массива завершает белеутинская серия, образованная вулканитами, туфами, туфоконгломератами андезибазальтового, андезитового, реже дацитового составов, чередующимися с кварцитами и железистыми сланцами [2].

Возраст вулканогенных толщ восточной части Улутауского массива обоснован слабо. Для кислых вулканитов аралбайской серии по валовым пробам была получена U–Pb оценка возраста  $920 \pm 50$  млн лет, а в осадочных породах аралбайской и карсакпайской серий были собраны позднекристаллические микрофоссилии [1, 6]. Современные прецизионные геохронологические данные о возрасте этих комплексов отсутствуют, что не позволяет проводить достоверные реконструкции эволюции Улутауского массива в докембрии

и коррелировать события на различных массивах Центрально-Азиатского пояса.

Задачей настоящей работы являлось U–Th–Pb (SIMS)-датирование вулканогенных пород аралбайской серии и получение первой прецизионной оценки возраста формирования докембрийских дифференцированных вулканогенно-осадочных толщ Улутауского массива.

Аралбайская серия разделена на четыре свиты, различающиеся соотношениями и составом метаморфизованных в разной степени осадочных, вулканогенно-обломочных и вулканогенных пород [6]. В низах разреза выделяется метатерригенная дюсюнская свита, для которой предполагается залегание на породах амфиболит-сланцевого комплекса, условно относимого к раннему докембрию [5, 6]. В остальных свитах (балгинской, коскульской и канымской) преобладают вулканогенные и вулканогенно-обломочные породы [6]. Наиболее представительные разрезы этих свит аралбайской серии были изучены в северной части Улутауского массива в районе гор Жаксы-

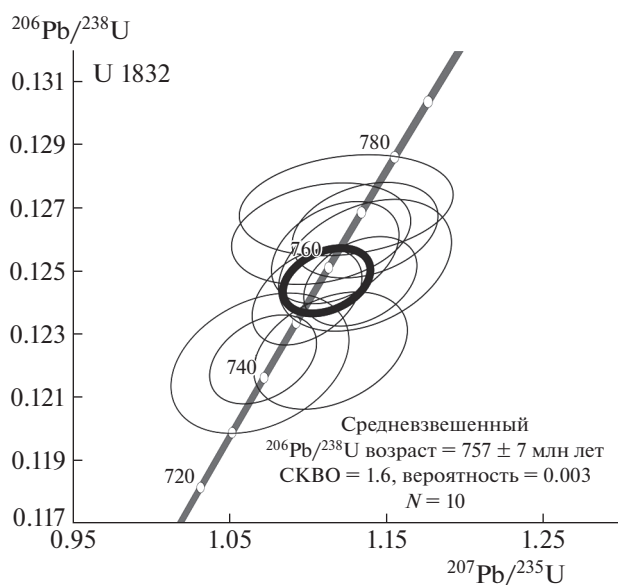
**Таблица 1.** Результаты геохронологических U–Th–Pb исследований циркона из рассланцованного андезидацита коскульской свиты (проба U-1832)

№ анализа	$^{206}\text{Pb}_{\text{с}}$ , %	Содержание, мкг/г			Изотопные отношения				Rho	Возраст, млн лет	
		$^{206}\text{Pb}^*$	U	Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
U1832_15.1	0.32	11.6	107	117	1.13	$0.064 \pm 3$	$0.126 \pm 1$	$1.109 \pm 3$	0.2	$766 \pm 6$	$733 \pm 69$
U1832_9.1	0.40	12.4	113	81	0.74	$0.064 \pm 4$	$0.127 \pm 1$	$1.125 \pm 4$	0.2	$771 \pm 6$	$747 \pm 82$
U1832_1.1	0.24	7.94	76	42	0.57	$0.064 \pm 3$	$0.122 \pm 1$	$1.070 \pm 4$	0.3	$743 \pm 8$	$727 \pm 71$
U1832_7.1	0.00	18.2	173	93	0.56	$0.064 \pm 2$	$0.122 \pm 1$	$1.072 \pm 2$	0.4	$743 \pm 5$	$730 \pm 41$
U1832_6.1	0.00	15.9	149	131	0.91	$0.064 \pm 2$	$0.124 \pm 1$	$1.100 \pm 2$	0.4	$755 \pm 6$	$751 \pm 40$
U1832_8.1	0.00	10.6	98	66	0.69	$0.065 \pm 2$	$0.126 \pm 1$	$1.118 \pm 2$	0.3	$763 \pm 6$	$760 \pm 48$
U1832_10.1	0.00	12.5	115	65	0.59	$0.065 \pm 3$	$0.126 \pm 1$	$1.137 \pm 3$	0.3	$767 \pm 6$	$783 \pm 54$
U1832_14.1	0.00	6.17	57	80	1.43	$0.066 \pm 3$	$0.125 \pm 1$	$1.137 \pm 3$	0.3	$761 \pm 8$	$802 \pm 63$
U1832_4.1	0.00	13.8	128	78	0.62	$0.066 \pm 2$	$0.125 \pm 1$	$1.134 \pm 2$	0.4	$756 \pm 5$	$806 \pm 42$
U1832_3.1	0.00	7.59	72	35	0.50	$0.066 \pm 3$	$0.123 \pm 1$	$1.115 \pm 3$	0.3	$745 \pm 7$	$806 \pm 57$

Примечание:  $^{206}\text{Pb}_{\text{с}}$  – обыкновенный Pb;  $^{206}\text{Pb}^*$  – радиогенный Pb; Rho – коэффициент корреляции ошибок  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  –  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ .

Арганаты, верховьях р. Аралбай и Балга, где преобладающими являются рассланцованные андезидациты, дациты, риолиты и их туфы (рис. 16).

Для геохронологических исследований использована проба (U-1832) андезидацита коскульской свиты ( $49^{\circ}12'53.1''$  с.ш.;  $67^{\circ}04'12.0''$  в.д.). Химический состав (мас. %):  $\text{SiO}_2$  – 63.25;  $\text{TiO}_2$  – 0.91;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 14.66;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 5.00;  $\text{FeO}$  – 1.39;  $\text{MnO}$  – 0.19;  $\text{MgO}$  – 1.42;  $\text{CaO}$  – 3.21;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 5.07;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1.12;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0.20.



**Рис. 3.** Диаграмма с конкордией для цирконов рассланцованного андезидацита коскульской свиты (проба U-1832).

Выделение циркона из андезидацита проводилось по стандартной методике с использованием тяжелых жидкостей. Зерна циркона были имплантированы в эпоксидную смолу вместе с зернами стандартных цирконов TEMORA и 91 500, а далее сошлифованы приблизительно на половину их толщины и приполированы. Для выбора участков зерен циркона для локальных геохронологических исследований использовались микрофотографии, выполненные на сканирующем электронном микроскопе Camscan MX 2500S в режимах вторичных электронов и катодолюминесценции.

U–Th–Pb (SIMS)-геохронологические исследования цирконов выполнены на вторично-ионном микрозонде SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ. Измерения изотопных отношений U и Pb проводились по традиционной методике, описанной в [12]. Интенсивность первичного пучка молекулярных отрицательно заряженных ионов кислорода составляла  $\sim 2.5$ –4 нА, диаметр пятна (кратера) –  $\sim 15 \times 10$  мкм. Полученные данные обрабатывались с помощью программ SQUID [10] и ISOPLOT [10].

Акцессорный циркон из андезидацита представлен в основном идиоморфными кристаллами призматического и дипирамидального габитуса размером 100–200 мкм, с коэффициентом удлинения 1.0–3.0. Кристаллы характеризуются в разной степени проявленной магматической зональностью (рис. 2).

U–Th–Pb геохронологические исследования были выполнены для 10 кристаллов циркона. Среднее значение их возраста, рассчитанное по



отношению  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ , составляет  $757 \pm 7$  млн лет (рис. 3, табл. 1), что соответствует концу тонийского периода неопротерозоя [8]. Морфологические особенности циркона указывают на его магматическое происхождение, что позволяет считать полученную оценку возраста соответствующей времени кристаллизации расплава родоначального для андезитов. Учитывая, что аралбайская серия располагается в основании вулканогенного разреза восточной части Улутауского массива, полученная оценка возраста может рассматриваться как нижний возрастной предел формирования этого разреза. Это позволяет считать данные вулканогенные толщи наиболее молодыми докембрийскими стратифицированными образованиями массива.

Полученные результаты указывают, что позднедокембрийская эволюция Улутауского массива отличалась от других сиалических массивов западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. Проявление в конце тонийского периода неопротерозоя дифференцированного магматизма, с преобладанием базальтов и андезитов, позволяет предполагать, что в это время комплексы восточной части Улутауского массива участвовали в строении активной окраины, что обеспечивало формирование расплавов в надсубдукционной обстановке.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работы проведены при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20–05–00108, в рамках выполнения государственного задания ГИН РАН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григайтис Р.К., Ильченко Л.Н., Краськов Л.Н. Новые палеонтологические данные по докембрийским отложениям Южного Улутау (Центральный Казахстан) // Изв. АН СССР. Сер. геол., 1989. № 1. С. 68–79.
2. Зайцев Ю.А., Розанов С.Б. Строение зеленокаменных и железорудных серий протерозоя Карсакпай-

ского синклиория в Южном Улутау // Вопросы геологии Центрального Казахстана / Мат-лы по геологии Центрального Казахстана. Т. 10. М.: МГУ, 1971. С. 107–122.

3. Летникова Е.Ф., Дмитриева Н.В., Третьяков А.А., Жимулев Ф.И., Каныгина Н.А., Вишневская И.А. Докембрийская история развития Улутауского континентального блока (Центральный Казахстан): по данным датирования цирконов методом  $\text{La ICP-MS}$  / Тектоника, геодинамика и рудогеоэкономические пояса и платформ / Мат-лы XLVIII Тектонического совещания, 2016. С. 341–345.
4. Третьяков А.А., Дегтярев К.Е., Сальникова Е.Б., Шатагин К.Н., Котов А.Б., Анисимова И.В., Плотикина Ю.В. Жаункарский гранитный комплекс позднего тония Улутауского сиалического массива (Центральный Казахстан) // ДАН. 2017. Т. 473. № 6. С. 691–695.
5. Филатова Л.И. Докембрий Улу-Тау. М.: МГУ, 1962, 323 с.
6. Филатова Л.И. Стратиграфия и историко-геологический (формационный) анализ метаморфических толщ докембрия Центрального Казахстана. М.: Недра, 1983. 160 с.
7. Ярмолюк В.В., Дегтярев К.Е. Докембрийские террейны Центрально-Азиатского орогенного пояса: сравнительная характеристика, типизация и особенности тектонической эволюции // Геотектоника, 2019. № 1. С. 3–43.
8. Cohen K.M., Finney S.C., Gibbard P.L., Fan J.-X. The ICS International Chronostratigraphic Chart // Episodes, 2013. V. 36. P. 199–204.
9. Degtyarev K., Yakubchuk A., Tretyakov A., Kotov A., Kovach V. Precambrian Geology of the Kazakh Uplands and Tien Shan: An Overview // Gondwana Research. 2017. V. 47. P. 44–75.
10. Ludwig K.R. ISOPLOT 3.00. A user's manual // Berkeley Geochronology Center Special Publication. 2003. № 4. 2455 Ridge Road, Berkeley. CA 94709. USA. 70 p.
11. Ludwig K.R. SQUID 1.00, A User's Manual // Berkeley Geochronology Center Special Publication. 2000. No.2. 2455 Ridge Road, Berkeley. CA 94709, USA. 17 p.
12. Whilliams I.S. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe // Reviews in Economic Geology, 1998. V. 7. P. 1–35.

## LATE NEOPROTEROZOIC AGE OF THE VOLCANIC DIFFERENTIATED COMPLEXES OF THE ULUTAU MASSIF (CENTRAL KAZAKHSTAN): RESULTS OF THE U–Th–Pb (SIMS) DATING

A. A. Tretyakov<sup>a, #</sup>, Academician of the RAS K. E. Degtyarev<sup>a</sup>, N. A. Kanygina<sup>a</sup>, and N. K. Danukalov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>#</sup>E-mail: and8486@yandex.ru

The metamorphosed differentiated volcanic strata of the eastern part of the Ulutau Precambrian massif of Central Kazakhstan have been studied. The U–Pb crystallisation age of  $757 \pm 7$  Ma has been first obtained for the andesidacites of the Aralbay series, indicating the formation of these suprasubduction volcanic rocks at the end of the Tonian period of Neoproterozoic.

**Keywords:** Late Neoproterozoic, differentiated volcanism, andesidacites, zircon