

УДК 551.1/4

ПЕРВОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНОГО ВОЗРАСТА АНДЕЗИТ-ДАЦИТОВОГО КОМПЛЕКСА ВОСТОЧНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО УРАЛА

Академик РАН В. А. Коротеев, В. С. Червяковский*,
М. В. Зайцева, Е. Н. Волчек, В. М. Нечехин

Поступило 14.01.2019 г.

Приводятся результаты впервые выполненного U–Pb-датирования цирконов из дацитов вулканической палеопостройки андезит-дацитового комплекса Восточной зоны среднеуральской части Уральского орогена, состоящей из ретрошарьяжной и покровно-складчатой структурных подзон. Вулканогенный комплекс, включающий жерловые и прижерловые фации, залегает среди флишеидных и карбонатных отложений с фауной среднего девона в покровно-складчатой структурной подзоне, образующей крайнее восточное ограничение орогена. Возраст зёрен циркона составил $389 \pm 5,6$ млн лет, что также отвечает среднему девону. Следовательно, формирование осадочного и вулканогенного комплексов происходило в близком возрастном интервале, но, судя по их составу и строению, в разных фациальных условиях. Осадочные образования накапливались в мелководных бассейнах, а вулканические формировались, по-видимому, в субаэральных условиях в окружении мелководного морского бассейна. Предполагается, что проявление андезит-дацитового вулканизма в ассоциации с осадками мелководных бассейнов, скорее всего, свидетельствует о пространственном и возрастном смещении к восточной периферии орогена геодинамических и фациальных условий вулканизма.

Ключевые слова: строение Восточной зоны Урала, ретрошарьяжная и покровно-складчатая подзоны, изотопный возраст комплекса, субаэральные фации, процесс затухания вулканизма.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524872174-178>

Восточная зона Среднего Урала включает две структурные подзоны, которые располагаются по восточной периферии террейноподобного выступа докембрийских метаморфитов. Они сформировались в связи с аккреционно-коллизийными процессами и отличаются по геологическому строению и составу развитых там комплексов. Западная из них имеет ретрошарьяжное строение и сложена покровами ультрабазитов и габбро офиолитовых ассоциаций, а также кремнисто-базальтовых и базальт-андезит-риолитовых комплексов. Для офиолитовых ассоциаций приводятся изотопные возрасты венда и силура [1], а базальты и кремнистые сланцы по остаткам фауны имеют ордовикский возраст. Набор комплексов этих возрастов характерен для глубоководного океанического бассейна, с трансформацией образований которого связаны формирование Уральского орогена и принадлежность его к группе орогенов эпикоеанического типа [2].

Крайнее восточное ограничение орогена образует покровно-складчатая структурная подзона [3]. Здесь

широко развиты породы андезито-дацитового и осадочного комплексов (рис. 1), характеризующихся складчатым строением, частично осложнённым покровно-надвиговыми структурами. В составе андезито-дацитового комплекса преобладают андезиты, трахиандезиты, трахиандезибазальты, дациты, в меньшем количестве встречаются базальты, риодациты и риолиты [5, 6]. Они слагают ареальные и поясовые концентрации, протягивающиеся на значительные расстояния. На ареальных участках, имеющих локальное расположение, выделяются вулканические палеопостройки разной степени сохранности. Ассоциирующие с ними осадочные отложения представлены в основном флишеидами и карбонатными породами, образованными в условиях мелководного бассейна.

Если среднедевонский возраст осадочного комплекса определяется по фауне, то возраст андезит-дацитового комплекса принимается по геологическим соотношениям как среднедевонский [6], а также интерпретируется в диапазоне раннего—верхнего девона [5]. Изотопные определения возраста пород комплекса не проводились, что затрудняло оценку его геодинамической позиции и роли в формировании восточной периферии региона.

*Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого
Уральского отделения Российской Академии наук,
Екатеринбург*

**E-mail: v.chervyakovskiy@mail.ru*

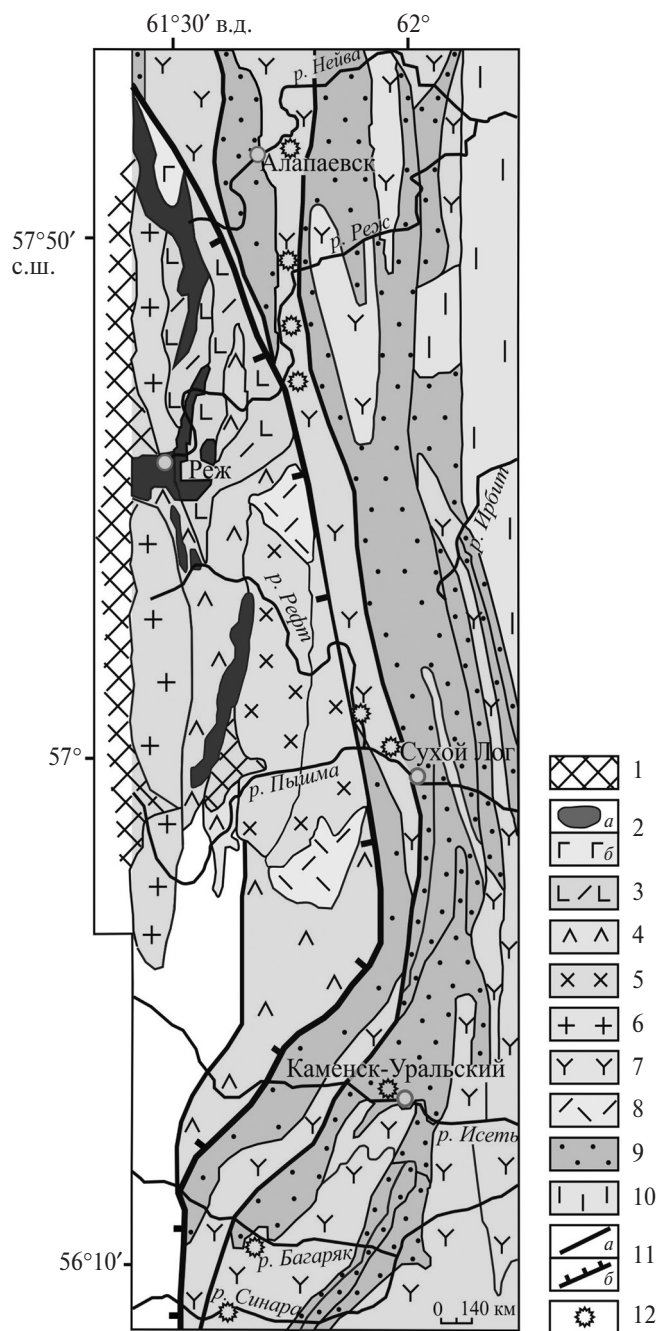


Рис. 1. Схема строения Восточной зоны Среднего Урала [4, 5]. 1–6 — покровно-ретроархально-надвиговая структурная подзона. Комплексы: 1 — докембрийские метаморфические террейновых блоков, 2 — ультрабазиты (а) и габбро (б) офиолитовых ассоциаций, 3 — базальт-кремнистые океанической палеокоры, 4 — базальт-андезит-риолитовые серии островодужные, 5 — диориты, 6 — внутриблоковые палеозойские гранитоиды; 7–9 — покровно-складчатая структурная подзона. Комплексы: 7 — андезит-дацитовый, 8 — осадочные (флишеидные и карбонатные), 9 — риолиты; 10 — комплексы песчано-сланцевые субпатформенные; 11 — аккреционные (а) и коллизионные (б) швы; 12 — предполагаемые центры вулканизма.

Для решения этих проблем было проведено U–Pb-датирование методом лазерной абляции (LA–ICP–MS) цирконов из дацитов вулканической палеопостройки андезит-дацитового комплекса, расположенной в южной части восточной структурной подзоны, на левобережье р. Пышмы. Здесь в ассоциации с известняками и терригенными породами выявляются лавы и пирокластические отложения, а также прижерловые и жерловые образования, представленные агглютинатами, агломератами, лавобрекчиями [5]. Для андезибазальтовых лав характерно брекчиевидное строение кровли. Андезиты слагают лавовые потоки с признаками подушечного строения. В ряде мест обнажаются потоки миндалекаменных дацитов с отчётливой порфировой структурой. Наблюдается переслаивание потоков лав с туфами того же состава. Их секут тела риолитов и дацитов, протяжённость которых составляет несколько десятков метров при мощности первые метры. Для дацитов характерны столбчатая отдельность и горизонтальное или очень пологое залегание.

Проба для выделения цирконов (Руд-6(2)/16) была отобрана из дацитов, секущих лавы андезитов в среднем течении р. Пышмы (координаты 56°58'70,1", 61°56'61,5"). Это плотные породы тёмно-серого цвета порфировой структуры. Вкрапленники кварца и плагиоклаза погружены в микролитовую основную массу. Встречаются замещённые хлоритом единичные кристаллы роговой обманки и биотита.

Вулканыты комплекса принадлежат к известково-щелочной серии с составами от андезибазальтов и базальтов до андезидацитов, дацитов и риолитов. Это низко- и умеренно-калиевые породы, им свойственны низкая титанистость и высокая глинозёмистость. Субвулканические дациты относятся к породам нормальной щёлочности ($\text{SiO}_2 = 65,2$ мас.%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5,36$ мас.%), натриевого типа ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0,14$). Сумма редкоземельных элементов составляет 38 г/т, наблюдается незначительное обогащение лёгкими редкими землями относительно тяжёлых ($\text{La}_n/\text{Yb}_n = 1,89$) и небольшой Eu-минимум ($\text{Eu}_n/\text{Eu}_n^* = 0,79$). Характер распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в исследованных дацитах и в андезитах и дацитах покровных фаций схож. Спектры РЗЭ показывают преобладание лёгких лантаноидов над тяжёлыми редкими землями и европиевый минимум, что свойственно надсубдукционным образованиям.

Изучение цирконов, выделенных из пробы Руд-6(2)/16 по стандартной методике, проводилось в центре коллективного пользования “Геоаналит”

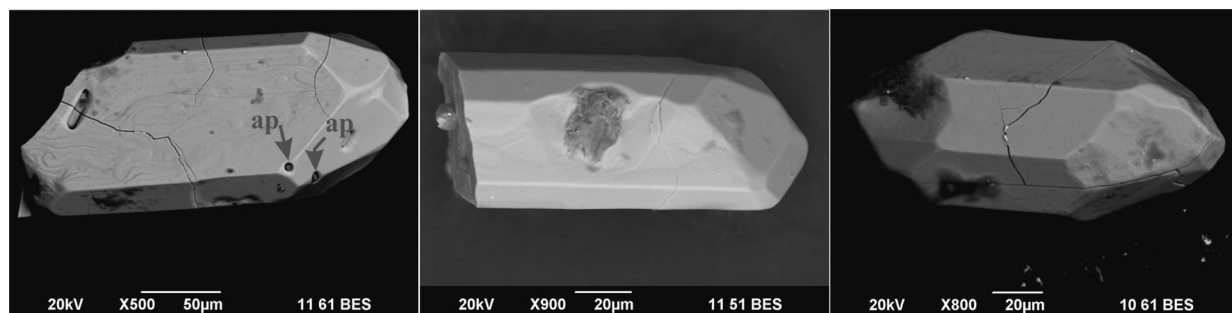
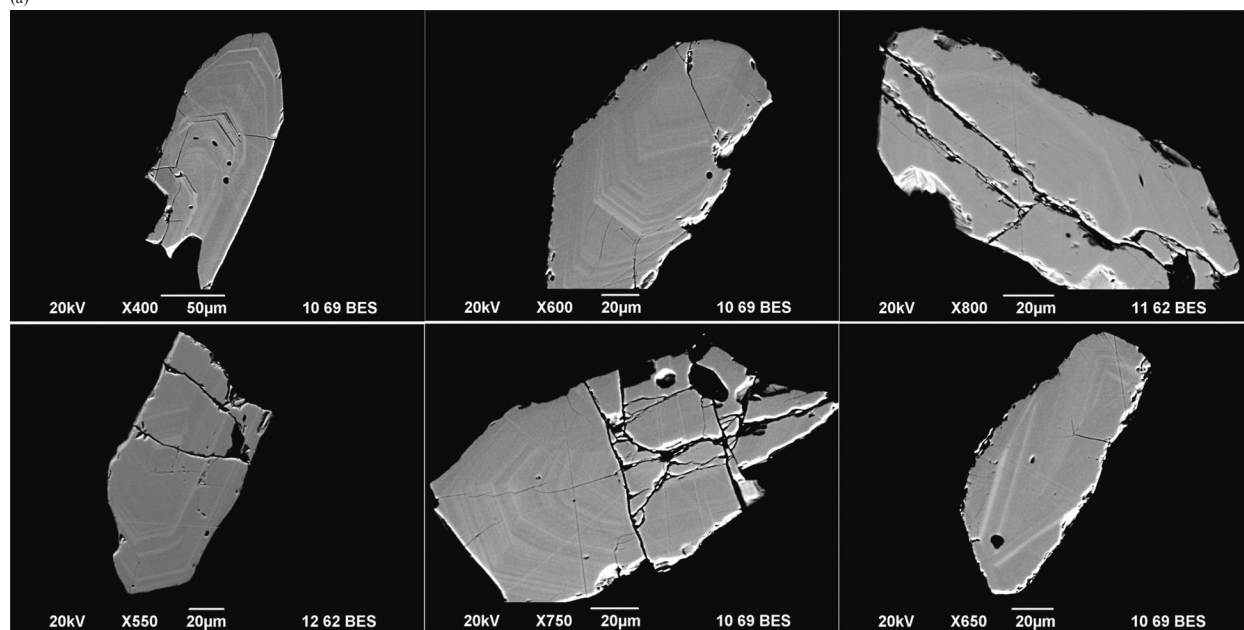


Рис. 2. Цирконы из дацитов андезит-дацитового комплекса Восточной зоны Среднего Урала. Снято на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390L фирмы "Jeol".

(a)



(б)

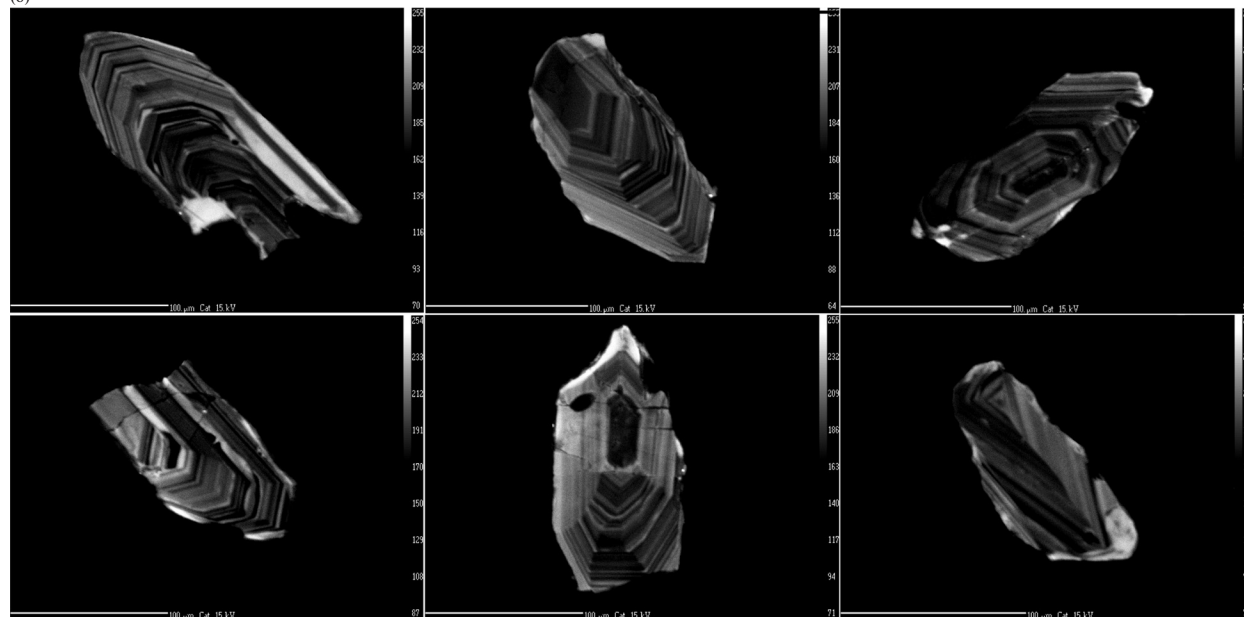


Рис. 3. Цирконы из дацитов андезит-дацитового комплекса Восточной зоны Среднего Урала: а — BSE-изображение; б — катодолуминесцентное изображение.

Таблица 1. Результаты ЛА-ИСП-МС U–Pb-датирования цирконов

№	Изотопные отношения							Возраст, млн лет					
	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
2	0,053	0,003	0,47	0,02	0,0635	0,0010	0,31	333	112	388	16	397	6
3	0,057	0,005	0,47	0,04	0,0597	0,0016	0,30	481	201	389	29	374	10
10	0,055	0,006	0,47	0,05	0,0623	0,0020	0,29	395	248	390	36	389	12
11	0,054	0,002	0,48	0,02	0,0657	0,0009	0,35	352	93	406	14	416	6
13	0,059	0,003	0,51	0,03	0,0639	0,0011	0,33	563	120	438	20	415	7
20	0,056	0,004	0,47	0,03	0,0588	0,0011	0,33	438	160	369	22	359	8
21	0,059	0,007	0,52	0,06	0,0644	0,0022	0,28	555	263	426	42	402	13
22	0,055	0,004	0,46	0,03	0,0616	0,0013	0,30	398	152	387	22	386	8
28	0,054	0,003	0,46	0,02	0,0609	0,0011	0,33	384	120	381	17	381	6
29	0,056	0,006	0,46	0,05	0,0593	0,0019	0,29	445	238	382	34	372	11
33	0,054	0,004	0,49	0,03	0,0647	0,0013	0,31	385	143	398	21	401	8
38	0,059	0,004	0,49	0,03	0,0593	0,0013	0,33	582	147	402	22	371	8
39	0,054	0,004	0,46	0,04	0,0612	0,0014	0,30	385	173	383	25	383	9
42	0,057	0,004	0,47	0,03	0,0599	0,0012	0,32	473	137	389	20	375	7

ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург) на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390L фирмы “Jeol” и на электронно-зондовом микроанализаторе Cameca SX100.

Исследованные цирконы представлены прозрачными бесцветными кристаллами, иногда с лёгкой бурой окраской. Размеры зёрен варьируются от 70 до 200 мкм (рис. 2). В огранённых кристаллах хорошо развиты грани {100} и {110}. Единичные зерна с неровными очертаниями имеют неправильную форму. Предполагается, что такая форма кристаллов, а также наличие изометричных углублений на их поверхностях могут быть связаны с влиянием щелочной среды [7]. Большинство цирконов характеризуется наличием твердофазных минеральных включений, представленных апатитом, размеры которого колеблются от 10 до 40 мкм. Цирконы имеют различные микротрещины, которые прослеживаются как на поверхности кристаллов, так и на их срезах. В режиме катодолюминесценции устанавливаются трещиноватость и характерная зональность (рис. 3а, б).

U–Pb-датирование цирконов выполнено на квадрупольном масс-спектрометре ИСП-МС NexION300S с приставкой для ЛА NWR213. Используемое оборудование размещено в помещении класса чистоты 7 ИСО. Процедура измерения Pb/U-изотопных отношений и алгоритм расчёта возраста изложены в [8] при диаметре кратера 25 мкм. U–Pb-возраст для стандартов GJ-1 и Plesovice равен 601 ± 2 (1 σ) и 338 ± 2 (1 σ) млн лет соответственно в рамках данной измерительной сессии.

Конкордантный U–Pb-возраст цирконов из дацитов, полученный по 14 точкам, составил $389 \pm 5,6$ млн лет при СКВО = 1,3 (табл. 1, рис. 4).

Полученный результат даёт основание в полной мере считать, что вулканы комплекса и ассоциирующие с ними флишеидно-карбонатные отложения формировались в близком возрастном интервале. Осадочные образования накапливались в мелководных бассейнах, а вулканические постройки, включающие пирокластические, лавовые, жерловые и прижерловые фации, формировались, по-видимому, в субаэральных условиях в окружении мелководного морского бассейна. Можно предположить, что проявление андезит-дацитового вулканизма в ассоциации с осадками мелководных бассейнов, скорее всего, свидетельствует о пространственном и возрастном смещении к восточной периферии

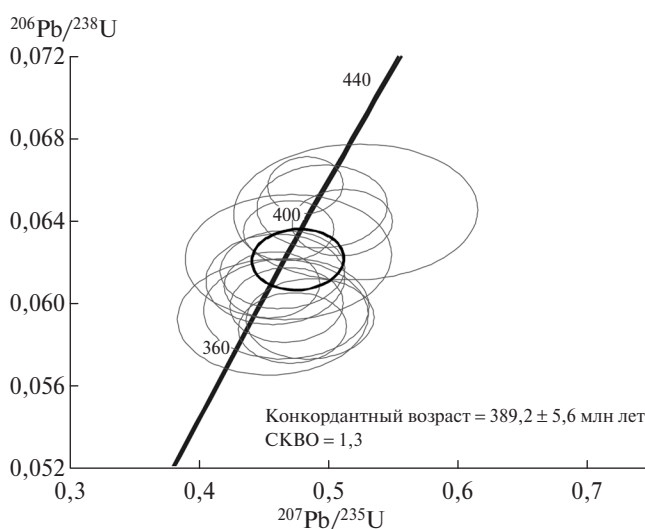


Рис. 4. Диаграмма с конкордией для цирконов из дацитов андезит-дацитового комплекса Восточной зоны Среднего Урала.

орогена геодинамических и фациальных условий вулканизма.

Источник финансирования. Исследования выполнены в рамках темы государственного задания ИГГ УрО РАН № АААА-А18-118052890018-7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Маслов А.В., Лепихина О.П. Вендский и силурийский этапы офиолитообразования на Восточном склоне Среднего Урала // ДАН. 2010. Т. 432. № 5. С. 220–226.
2. Коротеев В.А., Нечеухин В.М. Магматические и метаморфические ассоциации полной геодинамической последовательности. Магматизм и геодинамика. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. С. 10–22.
3. Волчек Е.Н., Нечеухин В.М. Особенности формирования восточного сегмента Уральского палеозойского орогена в условиях аккреции и коллизии // Литосфера. 2014. № 6. С. 45–53.
4. Геологическая карта Урала 1:1 000 000 / Под ред. И.Д. Соболева. М.: Мингеологии СССР/Мингеологии РСФСР, 1971.
5. Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кабанова Л.Я. Среднепалеозойский вулканизм Восточной зоны Урала. Л.: Наука, 1979. 129 с.
6. Смирнов В.Н., Коровко А.В. Палеозойский вулканизм восточной зоны Среднего Урала. Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование. Сб. науч. тр. Екатеринбург, 2007. С. 395–420.
7. Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986.
8. Зайцева М.В., Пупышев А.А., Щанова Ю.В., Вотяков С.Л. U–Pb-датирование цирконов с помощью квадрупольного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой NexION300S и приставки для лазерной абляции NWR213 // Аналитика и контроль. 2016. Т. 20. № 4. С. 294–306.

THE FIRST DETERMINATION OF THE ANDESITE-DACITE COMPLEX ISOTOPE AGE OF THE MIDDLE URALS EASTERN ZONE

Academician of the RAS V. A. Koroteev, V. S. Chervyakovskiy,
M. V. Zaitseva, E. N. Volchek, V. M. Necheukhin

*A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation*

Received January 14, 2019

In the paper are given the results of the first performed U–Pb dating of zircons from dacites and volcanic paleostructure of the Eastern zone andesite-dacite complex of the Urals orogen middle-uralian part, consisting of retro-overthrust and cover-folded structural subzones. Volcanogenic complex, including vent and nearvent facies, occurs among flyschoid and carbonate deposits with the Middle Devonian fauna in cover-folded structural subzone forming an extreme eastern orogen limitation. Zircon grain age made up $389 \pm 5,6$ Ma that also correlates with Middle Devonian. Consequently the formation of sedimentary and volcanogenic complexes occurred in a close age interval, but judging by their composition and structure, in different environmental conditions. Sedimentary formations accumulated in shallow basins, and the volcanic ones have been formed, apparently, under sub-areal conditions surrounded by the shallow sea basin. It is assumed that the manifestation of andesite-dacite volcanism, most probably, testifies to the spatial and age displacement of geodynamical and facies conditions to the eastern periphery of the orogen.

Keywords: Urals Eastern zone structure, retro-overthrust and cover-folded subzones, isotopic age of the complex, sub-areal facies, process of volcanism damping.