

УДК 551.242.22(734.5)

## ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП КИСЛОГО ОСТРОВОДУЖНОГО МАГМАТИЗМА НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ

Г. А. Петров<sup>1,2,\*</sup>, Н. И. Тристан<sup>2</sup>, Г. Н. Бороздина<sup>2</sup>,  
член-корреспондент РАН А. В. Маслов<sup>1,3,4,\*\*</sup>

Поступило 25.07.2019 г.

Впервые определено время завершения формирования известково-щелочных вулканических комплексов девонской островной дуги (фран) на Северном Урале. Показано, что позднедевонские вулканы лимкинской свиты имеют геохимические характеристики, сближающие их с породами зрелых островных дуг и активных континентальных окраин. Некоторое “запаздывание” финального эпизода известково-щелочного вулканизма на Северном Урале по сравнению с аналогичным событием на Южном Урале, возможно, связано с “косым” характером субдукции.

*Ключевые слова:* Северный Урал, девонская островная дуга, кислый вулканизм.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524892166-169>

Палеозойские островодужные образования широко распространены на восточном склоне Урала; большая часть их входит в состав Войкаро-Шучьинской, Тагильской и Магнитогорской мегазон. Возраст и условия формирования вулканитов наиболее детально изучены на Южном Урале в Магнитогорской структуре ([5, 7, 8] и др.). Самая молодая дифференцированная известково-щелочная вулканическая серия, содержащая кислые вулканиты, входит тут в состав улутаусской свиты живетанижнего франа и её стратиграфических аналогов [4, 5, 14]. Стратиграфическим аналогом улутаусской свиты в Восточно-Уральской мегазоне является маминская вулканогенно-осадочная толща [9] (базальт-андезито-базальтовая формация по [3]). Девонские вулканиты Тагильской мегазоны исследованы менее полно, и среднепалеозойская история эволюции этой структуры ещё во многом дискуссионна. Авторами изучены и датированы верхнедевонские вулканогенные породы лимкинской свиты, завершающие островодужный этап развития Тагильской структуры на Северном Урале (рис. 1).

Нижне- и среднедевонские образования представлены известняками, частично входящими в состав карбонатных платформ [11, 12], разнообразными вулканитами, их туфами и тефроидами, кремнями, алевролитами и туфопесчаниками. Разрез завершается лимкинской свитой, в состав которой входят андезибазальты, андезиты, дациты, риолиты, их туфы и тефроиды, туфопесчаники, туфоалевролиты, известняки, конгломераты, глинисто-кремнистые сланцы. До проведения наших исследований возраст и геохимические особенности вулканитов лимкинской свиты были неизвестны.

Вулканиты лимкинской свиты представлены непрерывным рядом от андезитов и андезибазальтов до риолитов; породы среднего состава относятся к нормально-щелочной и умеренно-щелочной сериям, кислые имеют нормальную щёлочность. Это низко- и умеренно-магнезальные, умеренно-титанистые породы К–Na- и Na-серий с широкими вариациями содержания К. Среднее содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) в вулканитах составляет 80,11 г/т (52,07–141,82 г/т), ЛРЗЭ/ТРЗЭ = 7,69 (4,01–14,02), Eu/Eu\* = 0,28 (0,20–0,32). На дискриминантных диаграммах (рис. 2а, б) точки составов лимкинских вулканитов попадают в поля островодужных гранитоидов. На спайдер-диаграмме составов пород свиты, нормированных на ORG (граниты срединно-океанических хребтов по [15]), наблюдаются высокие содержания Rb и Ba и низкие — Ta, Nb и Yb (рис. 2в), что характерно для надсубдукционных образований [15]. Таким образом, геохимические особенности вулканитов сопоставимы с та-

<sup>1</sup> Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург

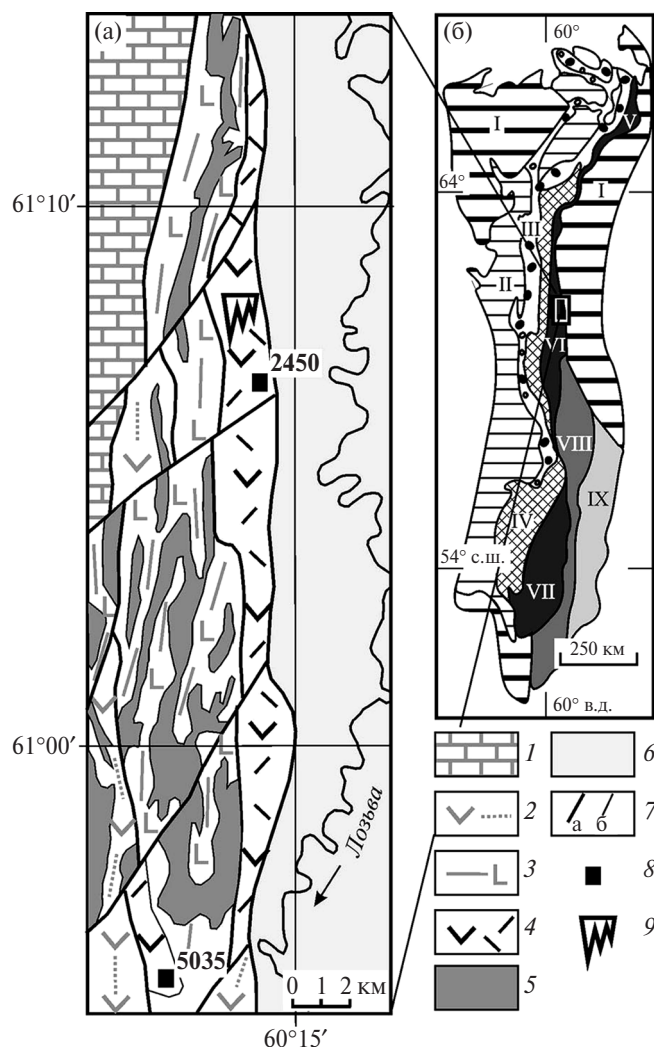
<sup>2</sup> ОАО “Уральская геологосъёмочная экспедиция”, Екатеринбург

<sup>3</sup> Геологический институт Российской Академии наук, Москва

<sup>4</sup> Полярная морская геологоразведочная экспедиция, Ломоносов, Санкт-Петербург

\*E-mail: Georg\_Petrov@mail.ru

\*\*E-mail: amas2004@mail.ru



**Рис. 1.** Схема геологического строения восточной части Тагильской структуры на Северном Урале (а) и обзорная схема Урала (б). а: 1 — эмско-живетские карбонатные толщи (вагранская, тальтейская и высотинская свиты); 2 — эмско-эйфельские базальты, андезиты, дациты и их туфы и тефроиды, известняки и др. (краснотурьинская и тальтейская свиты); 3 — эйфельско-живетские алевролиты, кремнистые сланцы, базальты (лангурская и высотинская свиты); 4 — позднеживетско-франские андезибазальты, андезиты, дациты, риолиты, их туфы и тефроиды, туфопесчаники, туфоалевролиты, известняки, конгломераты, глинисто-кремнистые сланцы (лимкинская свита); 5 — долериты и габбродолериты ивдельского комплекса  $D_2$  (?); 6 — чехол Западно-Сибирской платформы; 7 — разрывные нарушения (а), интрузивные и стратиграфические границы (б); 8 — точки отбора проб для изотопно-геохронологических исследований (1 — № 2450, 2 — № 5035); 9 — точка находок конодонтов. б: I — мезозойско-кайнозойские отложения; II — Предуральский прогиб; III–IX — мегазоны (III — Западно-Уральская, IV — Центрально-Уральская, V — Войкаро-Щучьинская, VI — Тагильская, VII — Магнитогорская, VIII — Восточно-Уральская, IX — Зауральская).

ковыми магматических пород островных дуг и активных окраин континентов.

Позднеживетско-франский возраст пород лимкинской свиты обосновывается находками конодонтов *Klapperina* aff. *ovalis* (Ziegler et Klapper), характерных для бродовского горизонта верхнего живета — нижнего франа [10]), и данными изотопного возраста цирконов, выделенных из пироксен-плаггиофировых андезитов, залегающих среди туфов и дацитов в долине р. Талица (обрн. 2450, № 1 на рис. 1). Для последних по данным исследований на SHRIMP-II (ЦИИ ФБГУ ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург) характерно наличие изохронной зависимости, определяющей возраст  $370,5 \pm 4,1$  млн лет (СКВО = 0,62,  $n = 11$ , рис. 3а). По цирконам из кварц-плаггиофировых риолитов (обр. 5035), отобранным в долине р. Умпия (южная часть района), там же получена эрохрона  $379,7 \pm 5,2$  млн лет (СКВО = 3,  $n = 6$ , рис. 3б). Оба определения возраста соответствуют франскому ярусу верхнего девона.

Исследованная осадочно-вулканогенная толща лимкинской свиты близка по составу к аналогам улугаусской свиты в пределах Джусинского рудного района и к новобуранной толще Гумбейско-Куранского района Восточно-Магнитогорской мегазоны [5], но время формирования упомянутых стратонов соответствует прежде всего живетскому ярусу и низам франа. Полученные нами данные о возрасте лимкинской свиты позволяют предполагать, что входящие в неё породы образовались главным образом во франское время, т.е. являются более молодыми по сравнению с южноуральскими аналогами.

Севернее изученного нами района, в пределах Семьинского поднятия (верховья р. Ятрия, восточный склон Приполярного Урала), описаны витрокристаллокластические туфы риолитов и дацитов в составе фаменской иоутыньинской толщи [1]. Возраст её обоснован только находками спор *Archaeozonotriletes famenensis* Naum., *Lophozonotriletes lebedianensis* Naum., *Archaeotriletes* sp. и нуждается в подтверждении; тем не менее можно предположить, что к северу происходит “омоложение” кислого вулканизма. В пределах Войкаро-Щучьинской мегазоны девонская островодужная последовательность завершается вулканомиктовой молассой в составе дзоль-варчатинской свиты  $D_{2-3}$  (по [2]) или варчаты-мусюрского флишоидно-вулканогенно-молассового комплекса  $D_3$  (по [13]).

Таким образом, проведённые исследования показали, что история развития островодужных образований на Северном Урале (Тагильская мегазона) в среднем—позднем девоне заметно отличается от та-

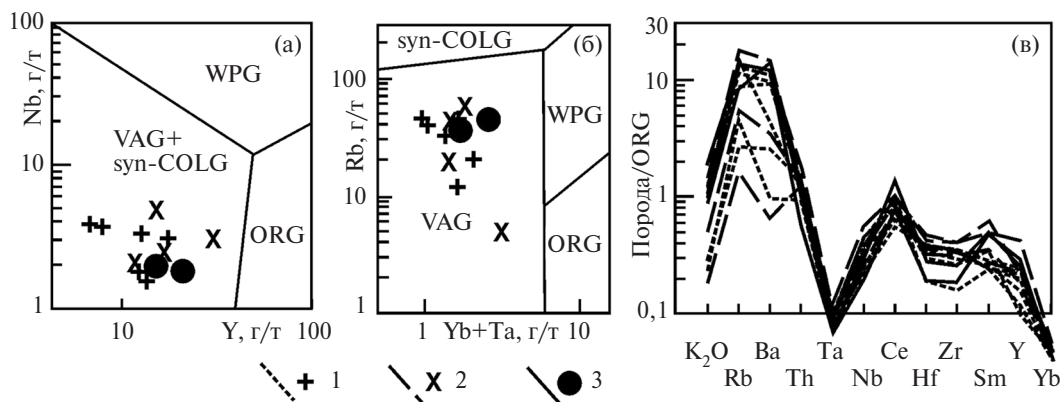


Рис. 2. Дискриминантные (а, б) и спайдер-диаграмма (в) для вулканитов лимкинской свиты. 1 — риолиты, 2 — дациты, 3 — андезиты. Поля составов: а, б по [15], гранитоиды различных обстановок: syn-COLG — синколлизийных, VAG — островодужных, WPG — внутриплитных, ORG — срединно-океанических хребтов. в: спайдер-диаграмма “Порода/ORG”.

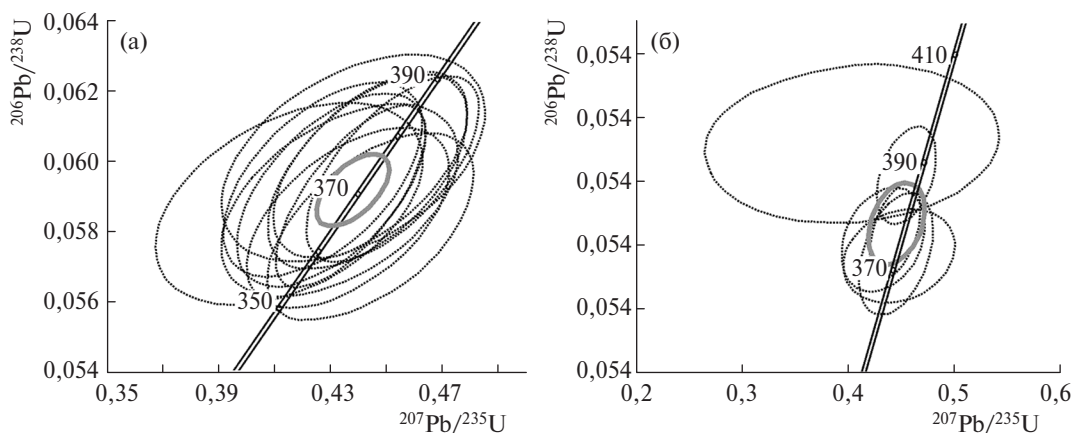


Рис. 3. Результаты U–Pb SHRIMP-II-датирования цирконов из андезитов (а) и риолитов (б) лимкинской свиты.

ковой на Южном Урале (Магнитогорская мегазона). Завершающий этап известково-щелочного островодужного магматизма на Северном Урале имел место позднее, чем на Южном. Вероятно, указанное “запаздывание” тектоно-магматических событий обусловлено косым характером субдукции, что было ранее установлено на примере коллизийно-аккреционных процессов [6, 7].

**Источники финансирования.** Исследования частично выполнены в рамках темы № АААА–А18–118053090044–1 государственного задания ИГГ УрО РАН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 200 000. Издание второе. Серия Средне-Уральская. Лист Р-41-1. Объяснительная записка. Саранпауль: Сосьвапромгеология, 2002. 159 с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение).

Уральская серия. Лист Q-41 (Воркута). Объяснит. записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2005. 335 с.

3. Коротеев В.А., Дианова Т.В., Кабанова Л.Я. Среднепалеозойский вулканизм восточной зоны Урала. М.: Наука, 1979. 130 с.
4. Косарев А.М., Пучков В.Н., Серавкин И.Б. // Литосфера. 2006. № 1. С. 3–21.
5. Маслов В.А., Артюшкова О.В. Стратиграфия и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 288 с.
6. Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Маслов А.В., Свяжжина И.А., Рыбалка А.В., Лепихина О.П. // ДАН. 2008. Т. 422. № 3. С. 365–370.
7. Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
8. Серавкин И.Б., Косарев А.М., Салихов Д.Н. Вулканизм Южного Урала. М.: Наука, 1992. 197 с.
9. Смирнов В.Н., Коровко А.В. // Геодинамика, магматизм, метаморфизм и рудообразование. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. С. 395–420.

10. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: УГСЭ, ИГГ УрО РАН, 1993. 152 с.
11. Чехович П.А. // Жизнь Земли. Геология, геодинамика, экология, музеология. М.: Изд-во МГУ, 2010. С. 104–132.
12. Чувашов Б.И., Шуйский В.П. // Литосфера. 2003. № 2. С. 3–26.
13. Язева Р.Г., Бочкарев В.В. Войкарский вулканоплутонический пояс (Полярный Урал). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 158 с.
14. Язева Р.Г., Бочкарев В.В. Геология и геодинамика Южного Урала (опыт геодинамического районирования). Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 203 с.
15. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. // J. Petrol. 1984. V. 25. P. 956–983.

## THE FINAL STAGE OF THE ACID ISLAND ARC MAGMATISM IN THE NORTHERN URALS

G. A. Petrov<sup>1,2</sup>, N. I. Tristan<sup>2</sup>, G. A. Borozdina<sup>2</sup>,  
Corresponding Member of the RAS A. V. Maslov<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup>*Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Uralian Geological Survey Expedition, Yekaterinburg, Russian Federation*

<sup>3</sup>*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

<sup>4</sup>*Polar Marine Geological Research Expedition, Lomonosov, Saint-Petersburg, Russian Federation*

Received July 25, 2019

For the first time, the time of completion of the formation of calc-alkaline volcanic complexes of the Devonian Island Arc (Franian) in the Northern Urals was determined. It is shown that the late Devonian volcanic rocks of the Limka series have geochemical characteristics that bring them closer to the rocks of developed island arcs and active continental margins. The detected delay of the final episode of calc-alkaline volcanism in the Northern Urals in comparison with the similar event in the southern Urals may be due to the “oblique” nature of the subduction.

*Keywords:* Northern Urals, Devonian Island Arc, acid volcanism.