

УДК 550.93 (470.5)

ВРЕМЯ ЗАВЕРШЕНИЯ УЛЬТРАОСНОВНОГО МАГМАТИЗМА В ПЛАТИНОНОСНОМ ПОЯСЕ УРАЛА

© 2020 г. Е. В. Пушкарев^{1,*}, И. А. Готтман¹, А. В. Травин², Д. С. Юдин²

Представлено академиком РАН Н.Л. Добрецовым 01.10.2019 г.

Поступило 25.10.2019 г.

После доработки 28.10.2019 г.

Принято к публикации 29.10.2019 г.

Проведены комплексное петрологическое изучение и определение возраста горных пород молодой клинопироксенит-габбро-горнблендитовой серии, прорывающей деформированные дуниты, клинопироксениты и тылаиты главных фаз Кытлымского гипербазит-габбрового массива. Сходящиеся ^{40}Ar – ^{39}Ar значения возраста амфибола из клинопироксенитов и изотопные U–Pb-данные по возрасту цирконов из меланогаббро, соответствующие 415 млн лет, свидетельствуют о завершении ультраосновного магматизма в Платиноносном поясе Урала в раннем девоне.

Ключевые слова: ультраосновной магматизм, геохронология, Платиноносный пояс Урала

DOI: 10.31857/S2686739720020139

Платиноносный пояс Урала (ППУ) является крупнейшей в мире структурой, вмещающей дунит-клинопироксенит-габбровые комплексы Урало-Аляскинского типа. Пояс протянулся вдоль 60-го меридиана от Среднего до Приполярного Урала более чем на 900 км и состоит из 14 ультраосновных и габбро-гипербазитовых массивов (рис. 1), площадью от нескольких десятков до нескольких сотен квадратных километров [1]. Исследования показывают, что формирование ППУ является результатом длительной магматической и тектоно-метаморфической эволюции мантийно-корового вещества [2]. На западе пояс примыкает к тектоническому шву Главного уральского разлома. С востока, севера и юга массивы ППУ окружены ордовикско-силурийскими вулканогенно-осадочными толщами Тагильской островодужной зоны. Геологические взаимоотношения габбро-гипербазитовых блоков между собой и с окружающими толщами определяются “холодными” или “горячими” тектоническими контактами, что вносит трудности в оценку геологического возраста формирования массивов и горных пород пояса.

Активное внедрение изотопных методов в практику геолого-съемочных работ и научных исследований позволило накопить большое количество данных по абсолютному возрасту пород и минералов ППУ [3–13]. Возрастной интервал, который они охватывают, составляет более 2 млрд лет от архея до каменноугольного периода. Наиболее древние архейские и протерозойские датировки получены по цирконам, выделенным из дунитов. Природа этих цирконов не ясна и полученные с их помощью значения возраста надо интерпретировать осторожно. Но и другие изотопные методы показывают значительные вариации значений возраста. Так, для Тылай-Конжаковского и Косьвинского дунит-клинопироксенитовых блоков Кытлымского массива (рис. 1) В.С. Поповым и В.Б. Беляцким [9] Sm–Nd-методом были получены соответственно вендский (551 млн лет) и раннесилурийский (441 млн лет) значения возраста. При этом каких-либо существенных различий в составе пород этих блоков не фиксируется. Отсутствие ясных геологических взаимоотношений между породами и комплексами затрудняет интерпретацию данных абсолютного возраста и не позволяет определить ни время начала ультраосновного магматизма в ППУ, ни время его завершения.

Проведенные исследования на Кытлымском массиве показали, что дуниты, клинопироксениты и тылаиты, слагающие основной объем пород в Тылай-Конжаковском блоке с возрастом 551 млн лет [9], прорваны интрузивами молодой клинопироксенит-габбро-горнблендитовой се-

¹ Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург, Россия

² Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск, Россия

*E-mail: pushkarev.1958@mail.ru

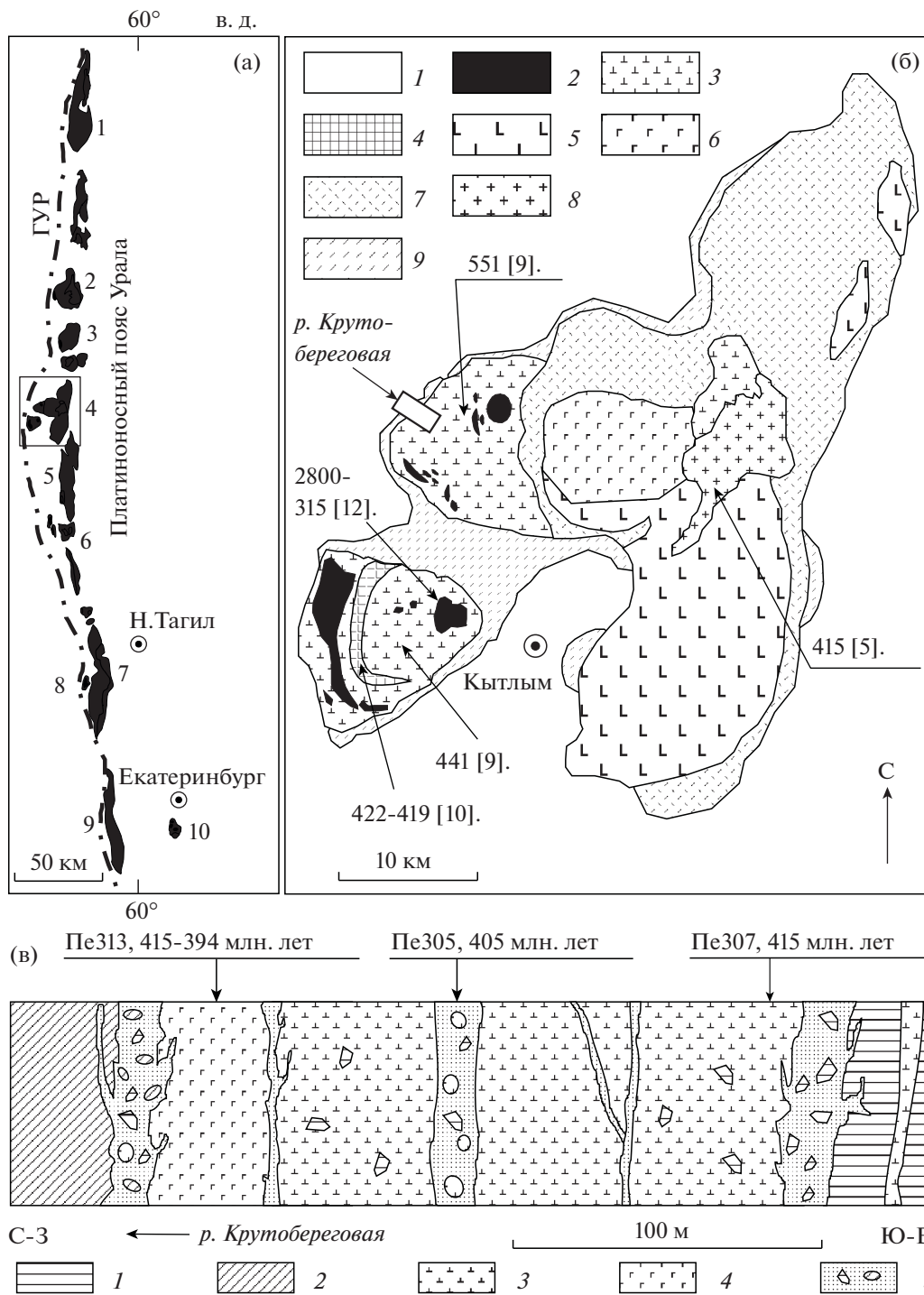


Рис. 1. А – схема расположения гипербазит-габбровых массивов в Платиноносном поясе Урала [1]. Массивы: 1 – Чистопский, 2 – Денежкин Камень, 3 – Кумбинский, 4 – Кытлымский, 5 – Павдинский, 6 – Качканарский, 7 – Тагило-Баранчинский, 8 – Нижнетагильский, 9 – Ревдинский, 10 – Уктусский. Б – схема геологического строения Кытлымского массива [1] с положением изученного участка по реке Крутобереговая (жирная стрелка). 1 – вмещающие породы палеозойского возраста, 2 – дуниты, 3 – клинопироксениты и битовнитовые тылаиты, 4 – нефелиновые тылаиты, 5 – оливиновые габбро и ультраосновные породы Сухогорской ассоциации, 6 – амфибол-клинопироксеновые габбро Серебрянской ассоциации, 7 – габбронориты Валенторской ассоциации, 8 – плагиограниты, 9 – экзоконтактовые роговики. Числами показан возраст датированных комплексов (в млн лет) и дана ссылка на литературный источник. В – упрощенный геологический разрез по каньону реки Крутобереговая с определенным возрастом горных пород (это исследование). 1 – древняя, деформированная дунит-клинопироксенит-тылаитовая серия, 2 – экзоконтактовые кытлымиты и метавулканыты, 3–5 – молодая ультрамафит-мафитовая серия: 3 – амфибол-оливиновые клинопироксениты, 4 – амфибол-клинопироксеновые меланогаббро, 5 – горнблендиты, в том числе ультраосновные эруптивные брекчии с горнблендитовым цементом.

рии [4]. Геологические взаимоотношения между породами были установлены на северо-западе массива, в скальном каньоне реки Крутобереговая на протяжении более 200 м (рис. 1).

Верхняя часть каньона сложена деформированными тылаитами и оливиновыми клинопироксенитами древней серии, которые прорваны амфибол-оливиновыми клинопироксенитами, не несущими следов пластических деформаций. Клинопироксениты содержат ксенолиты дунитов, хотя и не контактируют с ними. Молодые клинопироксениты (проба Пе307) обладают пойкилитовой структурой. Пойкилокристы представлены высокоглиноземистым амфиболом с многочисленными включениями зерен клинопироксена и оливина.

В нижней части каньона ультраосновные породы прорваны телом амфибол-клинопироксеновых меланогаббро (проба Пе313), мощностью более 25 м (рис. 1). Породы содержат до 50% крупных (1–2 см) идиоморфных пойкилокристов глиноземистого амфибола с включениями зональных зерен клинопироксена. Амфибол сцементирован мелкозернистым клинопироксен-плагиоклазовым агрегатом. По составу меланогаббро соответствуют тылаитам Платиноносного пояса [1]. Формирование молодой серии завершается внедрением даек средне-крупнозернистых горнблендитов (проба Пе305) и амфиболовых меланогаббро. В каньоне зафиксировано несколько тел эруптивных брекчий с горнблендитовым цементом и обильными ксенолитами дунитов, клинопироксенитов и тылаитов древней серии, фрагментами роговиков и титаномагнетитовых руд. Ясные интрузивные взаимоотношения между породами ультраосновного и основного состава — случай редкий для массивов Платиноносного пояса. Отсутствие деформаций и хорошая сохранность магматических структур показывают, что породы молодой ультрамафит-мафитовой серии внедрялись после завершения пластических деформаций, которые сопровождали выведение древних ультрамафитов в верхние горизонты земной коры. Следовательно, породы молодой серии завершают ультраосновную магматизм Кытлымского массива и, вероятно, Платиноносного пояса в целом.

Нами было выполнено определение изотопного возраста всех пород молодой клинопироксенит-меланогаббро-горнблендитовой серии ^{40}Ar – ^{39}Ar -методом по амфиболу и U–Pb-методом по циркону из меланогаббро. Определения $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возраста методом ступенчатого прогрева проведено в изотопной лаборатории ИГМ СО РАН (Новосибирск) на масс-спектрометре Noble gas 5400 фирмы “Микромасс” и на многоколлекторном масс-спектрометре Argus фирмы “GV-Instruments” (Англия) по методике, описанной ранее [14].

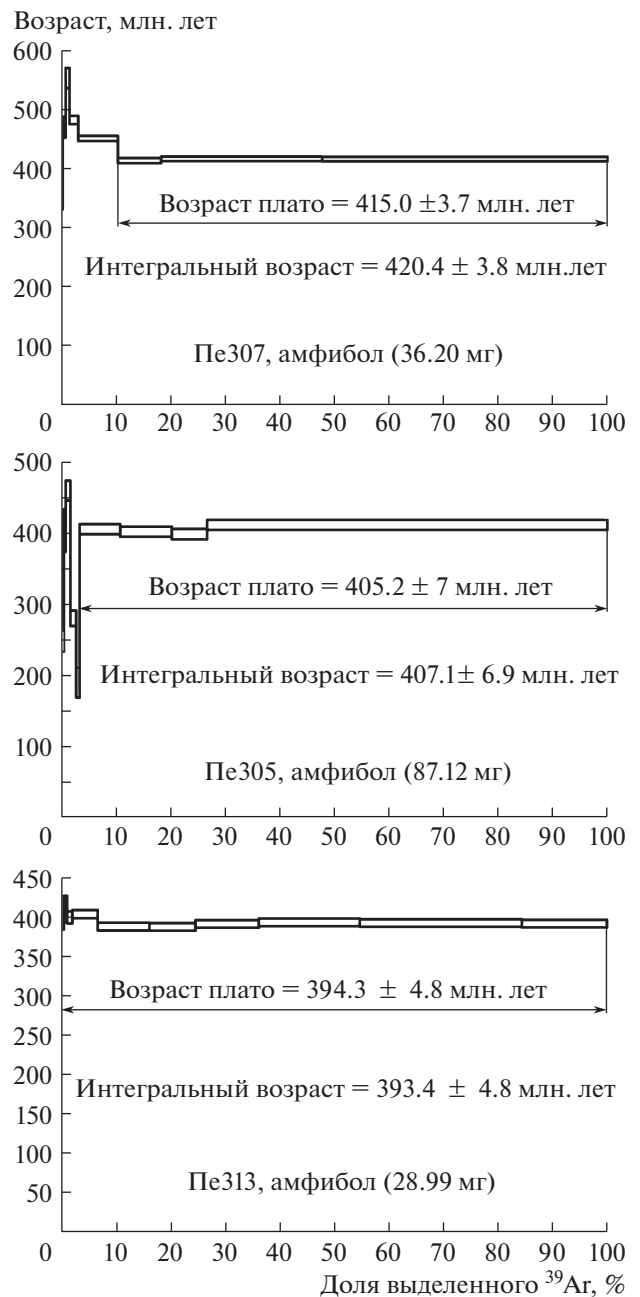


Рис. 2. Возрастные $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -спектры амфибола из пород молодой мафит-ультрамафитовой серии Кытлымского массива: Пе307 — клинопироксениты, Пе305 — горнблендиты, Пе313 — амфибол-клинопироксеновые меланогаббро.

В аргоновом спектре амфибола из клинопироксенитов четко выделяется плато, соответствующее 90% выделенного ^{39}Ar и отвечающее возрасту 415 ± 4 млн лет (рис. 2). Близкая величина интегрального возраста амфибола 420 ± 4 млн лет свидетельствует о хорошей сохранности изотопной системы. ^{40}Ar – ^{39}Ar -возраст амфибола из горнблендитов составляет 405 ± 7 млн лет по плато,

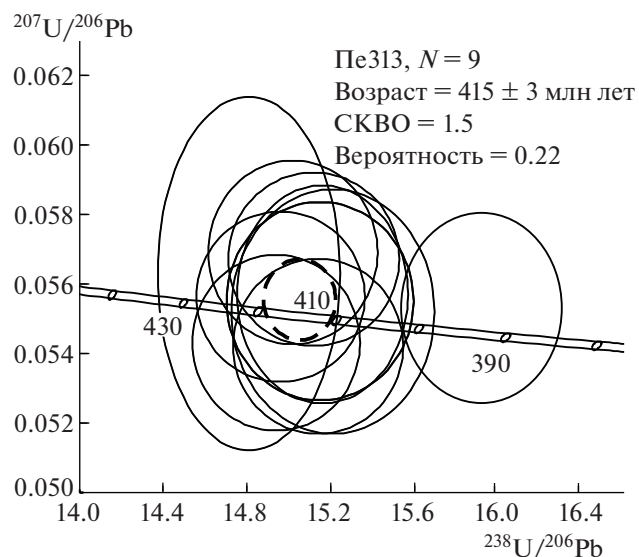


Рис. 3. Изотопная $^{238}\text{U}/^{236}\text{Pb}$ – $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -диаграмма Терра-Вассербурга с конкордией и измеренными значениями изотопных отношений в цирконе из меланогаббро Пе313.

что соответствует 95% выделенного аргона (рис. 2). Возраст амфибола из меланогаббро более молодой. Плато, соответствующее почти 100% выделенного аргона, имеет возраст 394 ± 5 млн лет (рис. 2) и, по-видимому, отражает время закрытия аргон–аргоновой системы.

Из клинопироксен-амфиболовых меланогаббро методами магнитной сепарации и разделения в

тяжелых жидкостях были выделены зерна циркона, представленные прозрачными призматическими кристаллами светло-желтого цвета с коэффициентом удлинения 2–3 и размером 100–350 мкм. В катодных лучах они проявляют простую ростовую зональность, характерную для магматических цирконов. Определение содержаний изотопов U и Pb выполнено на ионном микро-

Таблица 1. Результаты изотопных U–Pb-исследований циркона из меланогаббро (проба Пе313)

Точка измерения	$^{206}\text{Pb}_s$, %	Содержания, г/г			$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	(1) Возраст $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, млн лет	Изотопные отношения							
		U	Th	$^{206}\text{Pb}^*$			$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	±, %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	±, %	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	±, %	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	±, %
1.1	0.00	458	249	26.0	0.56	413 ± 4.5	15.12	1.1	0.0567	1.8	0.517	2.1	0.06616	1.1
2.1	0.12	465	225	26.4	0.50	412.2 ± 4.3	15.14	1.1	0.0542	1.9	0.494	2.2	0.06603	1.1
3.1	0.00	471	240	26.9	0.53	415.4 ± 4.4	15.02	1.1	0.0569	1.9	0.522	2.2	0.06657	1.1
4.1	0.00	387	209	21.9	0.56	411.8 ± 4.5	15.16	1.1	0.0557	2.3	0.507	2.5	0.06596	1.1
5.2	0.16	1180	365	63.8	0.32	392.8 ± 3.9	15.92	1.0	0.0553	2.0	0.479	2.2	0.06283	1.0
5.1	0.00	409	116	23.1	0.29	410.6 ± 5.1	15.21	1.3	0.0552	2.6	0.501	2.9	0.06576	1.3
6.1	0.09	400	168	23.0	0.44	417.7 ± 4.5	14.94	1.1	0.0543	1.9	0.501	2.2	0.06693	1.1
7.1	0.00	350	157	20.3	0.46	421.2 ± 4.8	14.81	1.2	0.0563	3.7	0.524	3.9	0.06753	1.2
8.1	0.00	337	153	19.1	0.47	411.9 ± 4.8	15.15	1.2	0.0555	2.1	0.505	2.4	0.06599	1.2
9.1	0.00	390	230	22.4	0.61	417.2 ± 4.6	14.96	1.1	0.05562	1.8	0.513	2.1	0.06685	1.1

Примечание. Pb_s и Pb – общий и радиогенный свинец, (1) – коррекция по ^{204}Pb .

анализаторе SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ под руководством С.А. Сергеева по методике, принятой в лаборатории. Было проанализировано одиннадцать точек в десяти зернах циркона. Изотопные данные представлены в табл. 1. На диаграмме Терра-Вассербурга все определения образуют одну компактную область с конкордантным значением возраста 415 ± 3 млн лет (рис. 3).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что оливиновые клинопироксениты и меланогаббро из молодой ультрамафит-мафитовой серии на северо-западе Кытлымского массива сформировались в раннем девоне и имеют возраст 415 млн лет по сходящимся изотопным ^{40}Ar – ^{39}Ar и U–Pb-данным. Породы испытывают непродолжительную термоизотопную историю, которая завершается закрытием аргон–аргоновой системы в конце раннего девона. Близкий возраст (419 млн лет) был получен ранее для нефелиновых тылаитов Косьвинского блока Кытлымского массива [10], которые интегрированы с ультраосновными породами в единую серию. Раннедевонский возраст 415 млн лет, по данным [6], имеют горнblendиты Светлоборского дунит-клинопироксенитового массива на Среднем Урале. Важно отметить, что возраст 415 млн лет установлен А.А. Ефимовым с соавторами для циркона из плагиогранитов, прорывающих габброиды и пироксениты в центре Кытлымского массива [5]. Эти авторы считают, что возраст плагиогранитов определяет верхнюю возрастную границу формирования габбро-гипербазитовых ассоциаций ППУ. Наши данные показывают, что мафит-ультрамафитовый магматизм в Платиноносном поясе Урала также завершается в раннем девоне внедрением небольших дифференцированных клинопироксенит-меланогаббро-горнblendитовых интрузий и формированием эруптивных ультраосновных брекчий с горнblendитовым цементом. Это время совпадает с затуханием магматической активности в Тагильской островодужной зоне Урала.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования проведены по Госбюджетной теме № АААА–А18–118052590029–6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимов А.А. Габбро-гипербазитовые комплексы Урала и проблема офиолитов. М.: Наука, 1984.
2. Ефимов А.А. Итоги столетнего изучения Платиноносного пояса Урала // Литосфера. 2010. № 5. С. 134–153.

3. Аникина Е.В., Краснобаев А.А., Ронкин Ю.Л. и др. Изотопная геохимия и геохронология габброидов Волковского массива на Урале // Геохимия. 2014. № 2. С. 99–123.
4. Готтман И.А., Пушкарев Е.В. Петрология и возраст амфибол-клинопироксеновых меланогаббро из молодой клинопироксенит-габбро-горнblendитовой серии Кытлымского массива (Северный Урал) // Ежегодник-2009. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 2010. № 157. С. 116–120.
5. Ефимов А.А., Ронкин Ю.Л., Зиндерн С. и др. Новые U–Pb данные по цирконам плагиогранитов Кытлымского массива: изотопный возраст поздних событий в истории Платиноносного пояса Урала // ДАН. 2005. Т. 403. № 4. С. 512–516.
6. Иванов О.К., Калеганов Б.А. Новые данные о K–Ar возрасте ультрамафитов Платиноносного пояса Урала // ДАН. 1993. Т. 328. № 6. С. 720–724.
7. Малич К.Н., Ефимов А.А., Ронкин Ю.Л. Архейский U–Pb изотопный возраст циркона дунитов Нижне-Тагильского массива (Платиноносный пояс Урала) // ДАН. 2009. Т. 427. № 1. С. 101–105.
8. Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Магезов В.И. и др. Новые данные о составе и возрасте комплексов основания Тагильской палеостроводужной системы // ДАН. 2010. Т. 432. № 4. С. 499–505.
9. Попов В.С., Беляцкий Б.В. Sm–Nd возраст дунит-клинопироксенит-тылаитовой ассоциации Кытлымского массива, Платиноносный пояс Урала // ДАН. 2006. Т. 409. № 1. С. 104–109.
10. Пушкарев Е.В., Ронкин Ю.Л., Юдин Д.С. и др. Время формирования нефелиновых тылаитов в Платиноносном поясе Урала: изотопные Sm–Nd, Rb–Sr, U–Pb, ^{40}Ar – ^{39}Ar и K–Ar датировки и их ограничения // ДАН. 2014. Т. 455. № 2. С. 205–209.
11. Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А., Беа Ф. и др. Интрузивный магматизм ранних стадий развития Уральского эпиконтинентального орогена: U–Pb геохронология (LA ICP-MS, NORDSIM, SHRIMP-II), геохимия, закономерности эволюции // Геохимия. 2009. № 2. С. 150–170.
12. Bea F., Fershtater G.B., Montero P. et al. Recycling of Continental Crust into the Mantle as Revealed by Kytlym Dunite Zircons, Ural Mts, Russia // Terra Nova. 2001. V. 13. № 6. P. 407–412.
13. Bosch D., Bruguier O., Efimov A.A. et al. U–Pb Silurian Age for a Gabbro of the Platinum-Bearing Belt of the Middle Urals (Russia): Evidence for Beginning of Closure of the Uralian Ocean // European Lithosphere Dynamics. Memoirs Geol. Soc. London. 2006. № 32. P. 443–448.
14. Травин А.В., Юдин Д.С., Владимиров А.Г. и др. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) // Геохимия. 2009. № 11. С. 1181–1199.

THE END TIME OF ULTRAMAFIC MAGMATISM IN THE URAL PLATINUM BELT

E. V. Pushkarev^{a,#}, I. A. Gottman^a, A.V. Travin^b, and D. S. Yudin^b

^a *Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russian Federation*

^b *V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation*

[#] *E-mail: pushkarev.1958@mail.ru*

Presented by Academician of the RAS N.L. Dobretsov October 1, 2019

A comprehensive petrologic study and age determinations of a young clinopyroxenite-gabbro-hornblendite series, intruded in deformed dunites, clinopyroxenites and tilaite of the Kytlym mafic-ultramafic massif, have been carried out. The geochronological data obtained by ^{40}Ar – ^{39}Ar on amphibole from clinopyroxenite and by U–Pb isotopic method for zircon from melanogabbro, corresponds to 415 Ma and indicates the end time of ultramafic magmatism in the Ural Platinum Belt took place in Early Devonian.

Keywords: ultramafic magmatism, geochronology, Ural Platinum Belt