

Д.Д. Коровин

Институт геологии и геохимии УрО РАН
им. акад. А.Н. Заварицкого, г. Екатеринбург

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕВОНСКИХ ГАББРО-
ГРАНИТОИДНЫХ ИНТРУЗИЙ РЕФТИНСКОГО ПОЛИХРОННОГО,
ПОЛИФОРМАЦИОННОГО МАССИВА (ВОСТОЧНАЯ ЗОНА
СРЕДНЕГО УРАЛА)**

В данной работе обозреваются несколько интрузий прорывающих Рефтинский массив. Все эти тела, имеют одинаковое геологическое положение и образуют цепь вдоль западной границы Рефтинского массива. Сам массив имеет сложное полихронное, полиформационное строение, в его составе исследуемые тела, являются наиболее молодыми магматическими породами. Автором были получены надёжные данные о возрасте одного из таких тел (Пещернинский шток) 396 ± 3 млн. лет. По данным петро- и геохимических исследований, девонские габбро-гранитоидные интрузии обладают общими особенностями вещественного состава, и образуют единый тренд эволюции комплекса пород, в Восточной зоне Среднего Урала. Полученные данные позволяют утверждать, что ряд плутонов прорывающих Рефтинский массив, образовались в ходе одного и того же эпизода магматизма, и в определённой, островодужной геодинамической обстановке.

Ключевые слова: Урал, габбро, граниты, девон, геохимия.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2023.134

Введение. Рефтинский габбро-гранитоидный массив, являющийся одним из наиболее крупных ареалов магматизма этого типа на Урале, расположен в пределах восточной окраины Среднего Урала, погружающейся под чехол Западно-Сибирской плиты. Процессы магматизма этой части Урала до настоящего времени изучены недостаточно, что затрудняет создание схемы корреляции магматических комплексов разных зон, изучение характера эволюции магматизма и анализ закономерностей формирования Уральского подвижного пояса. В настоящей публикации приводятся новые данные о возрасте, геохимических особенностях и геодинамических условиях формирования пород небольших по размеру гранитоидных и габбро-гранитоидных тел, прорывающие преобладающие в составе Рефтинского массива тоналиты и трондьемиты силурийского возраста.

Краткий геологический очерк. Рефтинский массив состоит из нескольких тектонических блоков (рис. 1). Преобладающим типом пород являются плагиоклазовые гранитоиды: кварцевые диориты, тоналиты и плагиограниты (трондьемиты), включённые на геологических картах последних редакций [1, 2] в состав рефтинского

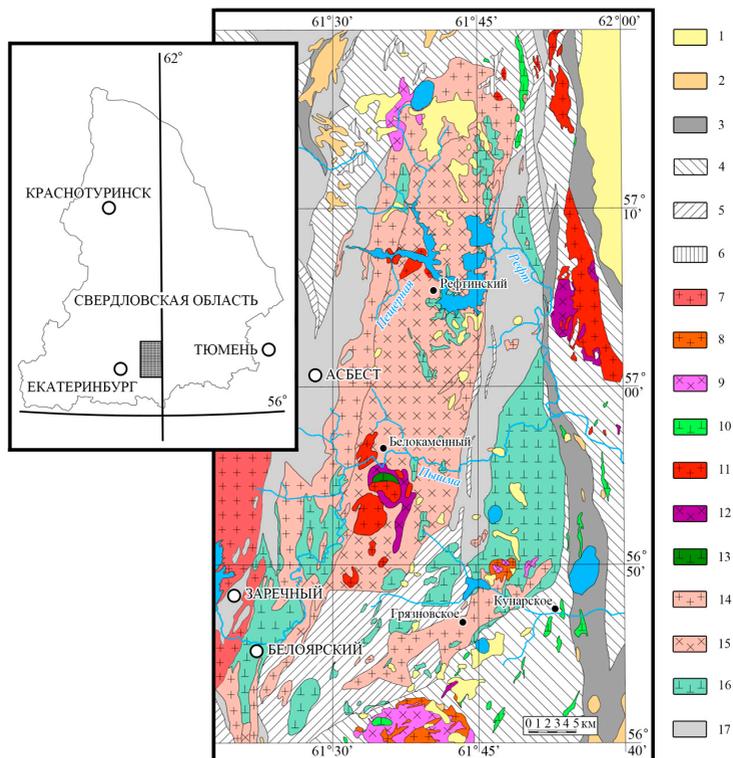


Рис. 1. Геологическая карта Рефтинского массива (составлена на основе Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 [2]).

Условные обозначения: 1 – осадочные породы палеогенового возраста (P1-3); 2 – мелового возраста (K1-2); 3 – раннекаменноугольного возраста (C1); 4 – девонские вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи (D1-3); 5 – вулканогенные толщи ордовикского возраста (β LO3); 6 – риолиты пермского урукульско-покровского гипабиссального риолит-трахириолитового комплекса (P1); 7 – гранитоиды каменского гранит-гранодиоритового комплекса (γ C2-3); 8-10 – plutonic породы некрасовского комплекса: 8 – гранитоиды (γ C1), 9 – диориты (δ C1), 10 – габбро (ν C1); 11-13 – девонские интрузии: 11 – гранитоиды (γ D2), 12 – диориты (δ D1), 13 – габбро (ν D1); 14-16 – рефтинский комплекс: 14 – плагиограниты ($\rho\gamma$ S2), 15 – кварцевые диориты и тоналиты ($q\delta$ S1), 16 – габбро (ν S1); 17 – породы офиолитовой ассоциации, алапаевский дунит-гарцбургит-габбровый комплекс (V)

плутонического комплекса. Плагноклазовые гранитоиды практически целиком слагают западный блок, занимающий более половины площади массива. Роговообманковые габбро и диориты рефтинского комплекса образуют два значительно меньших по размерам блока, вытянутых вдоль восточного края массива. От гранитоидов они отделены субмеридиональной полосой пород офиолитовой ассоциации, представленной комплексом параллельных долеритовых даек и габброидами расчлененной части офиолитового разреза. Небольшие по размерам гранитоидные и габбро-гранитоидные интрузии, прорывающие плагноклазовые гранитоиды силурийского возраста, протягиваются в виде цепочки, вытянутой в субмеридиональном направлении вблизи западной границы Рефтинского массива.

В число таких интрузий относятся Хомутинский и Южно-Хомутинский массивы, Пещернинский и ряд более мелких штоков. Преобладающая часть таких интрузивных тел сложена гранитоидами, варьирующими по составу от гранодиоритов до лейкогранитов. В Хомутинском массиве наряду с породами кислого состава широко развиты габбронориты, габбро, диориты и кварцевые диориты. Контакты рассматриваемых тел с вмещающими тоналитами и трондьемитами резкие рвущие с хорошо выраженными зонами закалки, кварц-полевошпатовыми роговиками и роговиковоподобными породами, местами с мощными ореолами метасоматических изменений.

Более детальная информация о Рефтинском массиве, а также девонских интрузий дана в ряде опубликованных ранее работ [3, 4, 5, 6, 7, 9].

Геохимическая характеристика. Химический состав пород Хомутинского и Южно-Хомутинского массивов приведен в работе [3]. Вынесенные на TAS [10] диаграмму анализы пород этих массивов и Пещернинского штока создают тренд, который можно интерпретировать, как эволюцию единого плутонического комплекса (рис 2).

Мультикомпонентная спайдер-диаграмма (рис. 3) показывает, что по уровню содержаний и характеру распределения редких и рассеянных элементов изученные габбронориты практически полностью аналогичны габбро зрелой Японской островной дуги [12]. Наблюдаются отчетливо выраженные максимумы по K, Sr и Ti и минимумы Nb и Ta, La и Ce, и Zr. Единственное отличие заключается в пониженном по сравнению с японскими габбро содержании Rb, которое, однако, находится на уровне среднего содержания этого элемента в островодужных базальтах (IAB) [15]. При этом от габбро юной островной дуги Тонга [11] изученный

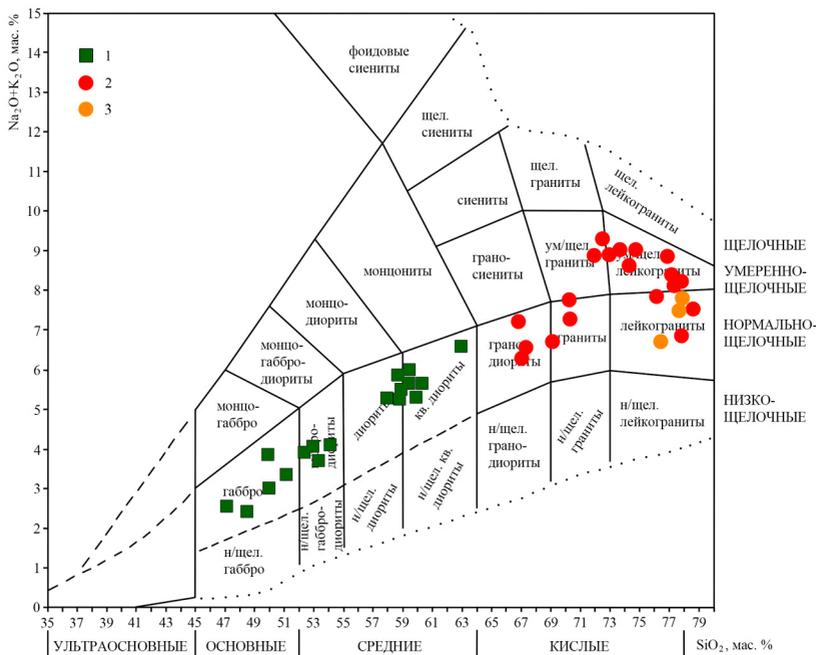


Рис. 2. TAS диаграмма для химической классификации plutonic пород Л.Н. Шарпёнок [10]. Петрохимия пород Хомутинского и Южно-Хомутинского массивов и Пещернинского штока. Условные обозначения: 1 – породы габброидной ассоциации; 2 – породы гранитоидной ассоциации; 3 – лейкограниты Пещернинского штока

габбронорит отличается повышенным содержанием большинства редких элементов при близком характере их распределения.

По характеру спектров распределения редких земель (рис. 4) габбронориты Хомутинского массива также аналогичны габбро Японской островной дуги [12] и среднему составу островодужных базальтов [15], отличаясь от габбро юной островной дуги Тонга [11] профицитом лёгких лантаноидов. На графике можно заметить положительную Eu аномалию в породах Японских островов, Тонга, а также в габбронорите Хомутинского массива.

Геохимические характеристики гранитов изученных интрузий, как и в случае с габброидами близки гранитам Японии [13]. На спайдер-диаграмме наблюдаются минимумы по Sr, Ti, Nb и Ta, максимумы K

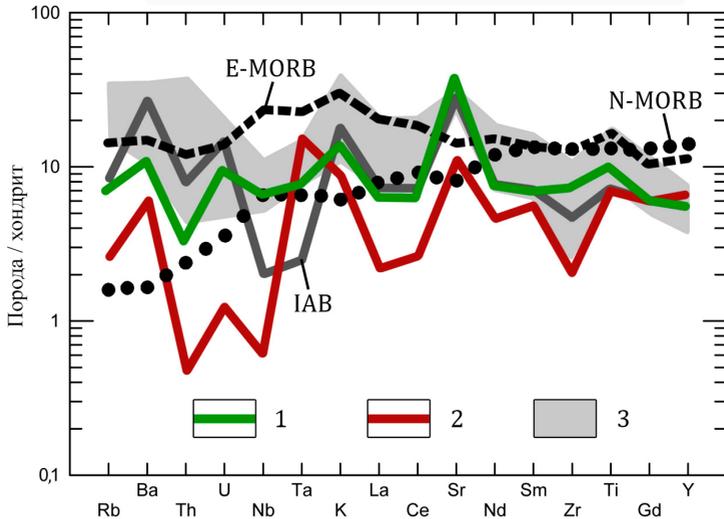


Рис. 3. Спайдер-диаграмма распределения редких и рассеянных элементов, нормированная по хондриту [15]. Габбронорит Хомутинского массива и его сравнение с габбро из Японии [12], островов Тонга [11], и базальтами из островных дуг, срединно океанических хребтов обогащённых и нормального состава [15]. Условные обозначения: 1 – габбронорит Хомутинского массива; 2 – габбро островов Тонга; 3 – габбро Японских островов

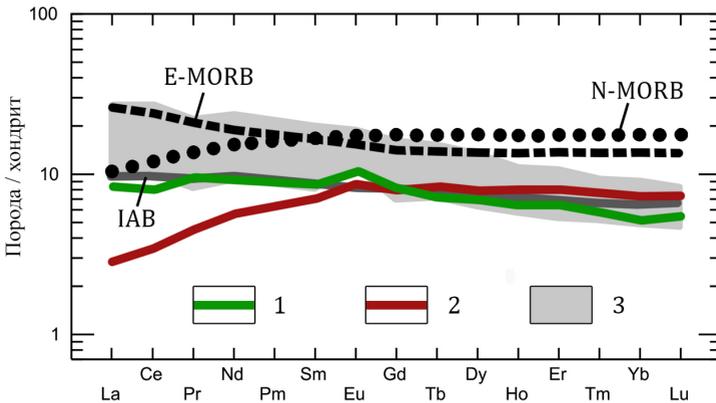


Рис. 4. Диаграмма распределения редкоземельных элементов, нормированная по хондриту [14]. Габбронорит Хомутинского массива и его сравнение с габбро из Японии [12], островов Тонга [11], и базальтами из островных дуг, срединно океанических хребтов обогащённых и нормального состава [15]. Условные обозначения: 1 – габбронорит Хомутинского массива; 2 – габбро островов Тонга; 3 – габбро Японских островов

и Zr (рис. 5). Граниты островов Тонга имеют очевидные различия по характеру распределения элементов и их содержанию. На диаграмме распределения редкоземельных элементов, граниты Хомутинского массива и Пещернинского штока также тяготеют к японским гранитам. От гранитов Тонга они отличаются преобладанием элементов лёгкой части спектра, и резким дефицитом средних и тяжёлых РЗЭ (рис. 6). На графике во всех породах отчётливо проявлена отрицательная Eu аномалия.

Изотопно-геохронологические данные. Для проведения изотопно-геохронологических исследований был выбран Пещернинский шток, расположенный в северной части характеризуемой группы интрузивных тел. Это обусловлено тем, что он расположен за пределами зоны наиболее интенсивных метаморфических преобразований, связанных с Баженовской сутурой, которые широко проявились в западной части Рефтинского массива, что исключает или, по крайней мере, минимизирует возможность влияния этих процессов на результаты датирования.

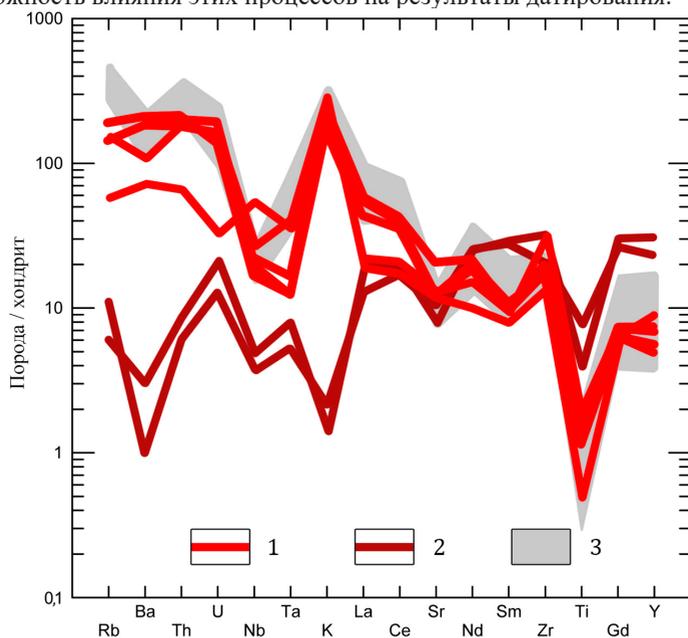


Рис. 5. Спайдер-диаграмма распределения редких и рассеянных элементов, нормированная по хондриту [15]. Граниты Хомутинского массива, Пещернинского штока и их сравнение с гранитами из Японии [13], островов Тонга [11]. Условные обозначения: 1 – граниты Хомутинского массива и Пещернинского штока; 2 – граниты островов Тонга; 3 – граниты Японских островов

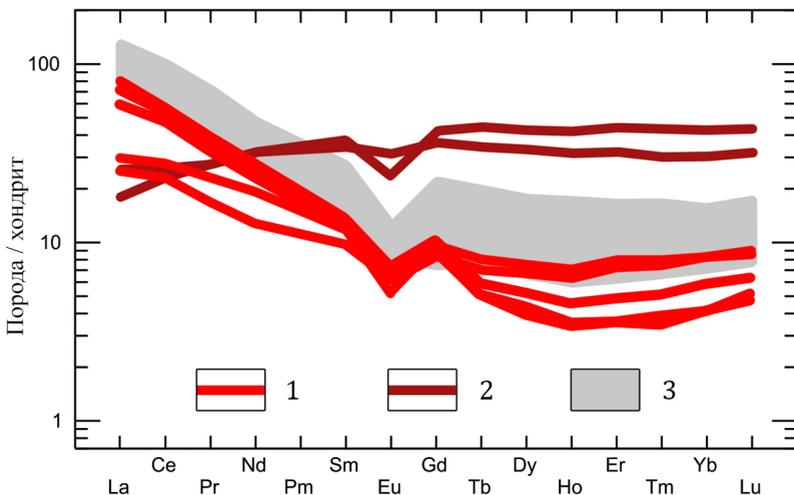


Рис. 6. Диаграмма распределения редкоземельных элементов, нормированная по хондриту [14]. Граниты Хомутинского массива, Пещернинского штока и их сравнение с гранитами из Японии [13], островов Тонга [11]. Условные обозначения: 1 – граниты Хомутинского массива и Пещернинского штока; 2 – граниты островов Тонга; 3 – граниты Японских островов

Конкордантный возраст цирконов из лейкогранитов имеет величину 396 ± 3 млн лет (рис. 7), что соответствует второй половине эмса. Это означает, что их формирование соответствует крупному эпизоду эндогенной активности – времени существования в пределах Среднего Урала девонской островной дуги (со второй половины эмса до начала франского века включительно) [8].

Выводы. Изученные гранитоидные и габбро-гранитоидные интрузии имеют одинаковое геолого-структурное положение, они образуют цепочку, вытянутую в субмеридиональном направлении вдоль западной границы Рефтинского габбро-гранитоидного массива. По данным проведённых исследований породы всех рассматриваемых интрузий обладают общими особенностями состава, что позволяет рассматривать их как результат одного эпизода магматизма. По геохимическим особенностям породы изученных интрузивных тел практически полностью аналогичны однотипным породам Японских островов. Это позволяет считать, что формирование изученных образований происходило в условиях зрелой островной дуги, подобной современной Японской дуге. U-Pb возраст 396 ± 3 млн. лет, полученный по цирконам из лейкогранитов Пещернинского штока, свидетельствует о том, что формирование изученных гранитоидных

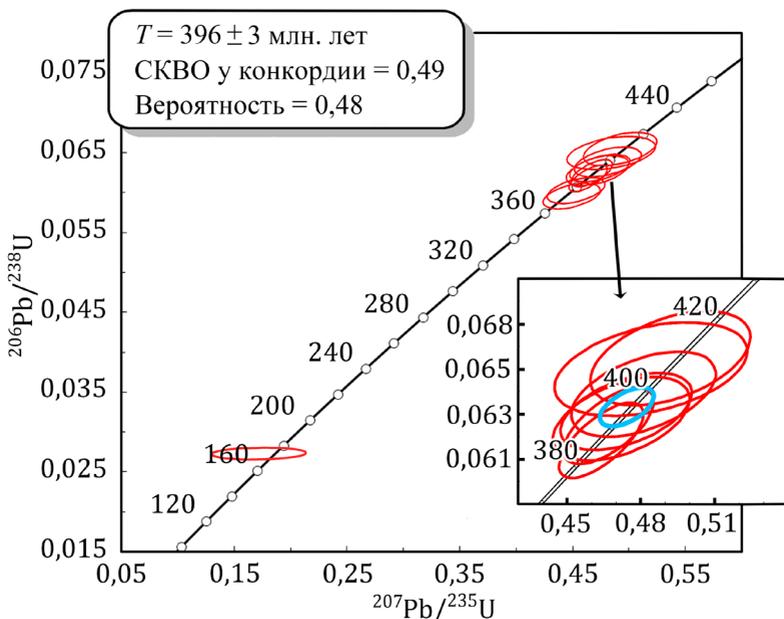


Рис. 7. Изотопная U–Pb_диаграмма с конкордией, построенная по результатам микрозондового изучения цирконов из лейкогранита Пещернинского штока и габбро-гранитоидных тел соответствует времени существования в пределах Среднего Урала девонской островной дуги (со второй половины эмса до начала франского века включительно).

Библиографический список

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист О-40, (41) – Екатеринбург, Объяснительная записка. // СПб: Роскомнедра, ВСЕГЕИ, Уралгеолком, УГСЭ. – 1997. – 252 с.
2. Казаков И.И., Стороженко Е.В., Харитонов И.Н., Стефановский В.В., Кошевой Ю.Н., Козьмин С.В., Мартынов С.Э., Фадеечева И.Ф., Ронкин Ю.Л., Лукин В.Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000 (издание второе). Серия Средне-Уральская. Лист О-41-XXVI (Асбест). Объяснительная записка. // СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. – 2017. – 284 с.
3. Корovin Д.Д. Geochemical features of the devonian plutonic rocks of the Refтинsky massif (Middle Urals). // Известия УГГУ. – 2022. – Выпуск 1(65). – С. 13–21.
4. Лобова Е.В. Силурийский интрузивный магматизм Восточной зоны Среднего Урала. // автореферат дис. кандидата геолого-минералогических наук / минерально-сырьевой ун-т «Горный». Санкт-Петербург. – 2013. – 20 с.
5. Смирнов В.Н., Наставко Е.В., Иванов К.С., Баянова Т.Б., Родионов Н.В., Серов П.А. Результаты изотопного датирования пород Рефтинского габбро-диорит-тоналитового комплекса, Восточная зона Среднего Урала. // Литосфера. – 2014. – № 5. – С. 3–18.
6. Смирнов В.Н. Габбро-гранитоидные серии Восточной зоны Урала. // Журн.: Доклады АН СССР. – 1981. – Т. 259. – № 6. – С. 1453–1457.

7. Смирнов В.Н., Иванов К.С., Ронкин Ю.Л., Серов П.А., Гердес А. Изотопный состав Sr, Nd и Hf в породах рефтинского габбро-диорит-тоналитового комплекса (восточный склон Среднего Урала): петрологические и геологические следствия. // Геохимия. – 2018. – № 6. – С. 499–513.
8. Смирнов В.Н. Основные этапы магматизма восточного склона Среднего Урала. // Литосфера. – 2012. – № 5. – С. 4–15.
9. Феритатер Г.Б., Малахова Л.В., Бородин Н.С., Рапанорт М.С., Смирнов В.Н. Эвгеосинклинальные габбро-гранитоидные серии. // М., Наука. – 1984. – 264 с.
10. Шарпенко Л.Н., Костин А.Е., Кухаренко Е.А. TAS-диаграмма сумма щелочей – кремнезём для химической классификации и диагностики плутонических пород. // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 56. – С. 40–50.
11. Ewart, A., Bryan, W. B. Petrography and Geochemistry of the Igneous Rocks from Eua, Tongan Islands // Geological Society of America Bulletin. – 1972. – 83(11). – P. 3281–3298.
12. Kamei, A., & Takagi, T. Geology and petrography of the Abukuma granites in the Funehiki area, Fukushima Prefecture, NE Japan // The Journal of the Geological Society of Japan. – 2003. – 109(4). – С. 234–251.
13. Kamei, A., Takagi, T., & Kubo, K. (2003). Geology and petrography of the Abukuma granites in the Hiayama district, Fukushima Prefecture, NE Japan // BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN. – 2003. – 54(11-12). – P. 395–409.
14. Sun, S.S. Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, London. – 1980. – Ser. A, 297(1431), – P. 409–445.
15. Sun, S.S., and McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: Implications for mantle composition and processes, in Magmatism in Ocean Basins, edited by A. D. Saunders and M. J. Norry. // Geol. Soc. Spec. Publ., 42. – 1989. – P. 313–345.

GEOCHEMICAL FEATURES AND GEODYNAMIC CONDITIONS
FOR THE FORMATION OF DEVONIAN GABBRO-GRANITOID
INTRUSIONS OF THE REFTINSKIY POLYCHRONIC,
POLYFORMATIONAL MASSIF (EASTERN ZONE OF THE
MIDDLE URALS)

D.D. Korovin

korovin@igg.uran.ru

In this paper, several intrusions intruding the Reftinskiy massif are reviewed. All these bodies have the same geological position and form a chain along the western boundary of the Reftinsky massif. The massif itself has a complex polychronic, polyformational structure; the studied bodies in its composition are the youngest igneous rocks. The author obtained reliable data on the age of one of these bodies (Peshcherninsky stock) 396 ± 3 Ma. According to petro- and geochemical studies, Devonian gabbro-granitoid intrusions have common features of the material composition and form a single trend in the evolution of the rock complex in the Eastern zone of the Middle Urals. The data obtained allow us to assert that a number of plutons breaking through the Reftinsky massif were formed during the same episode of magmatism, and in a certain, island-arc geodynamic setting.

Keywords: Ural, gabbro, granites, Devonian, geochemistry.