

КОЛЛИЗИОННЫЙ МАГМАТИЗМ ЗАПАДНО-МАГНИТОГОРСКОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

© **И.Р. Рахимов,**

младший научный сотрудник,
Институт геологии Уфимского научного центра РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа, Российская Федерация
эл. почта: ig@ufaras.ru, rigel92@mail.ru

© **Д.Н. Салихов,**

доктор геолого-минералогических наук,
главный научный сотрудник,
Институт геологии Уфимского научного центра РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа, Российская Федерация
эл. почта: ig@ufaras.ru, magm@ufaras.ru

В статье приводятся результаты геологического и петрологического изучения магматических комплексов Западно-Магнитогорской зоны, образовавшихся в карбоне при коллизионном режиме. Считается, что в начале каменноугольного периода на Южном Урале произошла смена геодинамического режима: субдукция уступила место аккреционно-коллизионному процессу островодужного террейна и пассивной восточной окраины Восточно-Европейского континента. В результате в пределах отмирающей Магнитогорской островной дуги сформировались две зоны магматизма: Западно-Магнитогорская и Восточно-Магнитогорская. Западно-Магнитогорская надвинута на континентальную окраину, а Восточно-Магнитогорская стала развиваться в условиях новообразованной коры. Магматизм Западно-Магнитогорской зоны представлен лишь интрузивными телами основного состава (редко кислого и ультраосновного). Формирование комплексов этих тел происходило поэтапно (в стадиях) при эволюции коллизионного процесса, который на Южном Урале характеризуется двумя типами: мягкой коллизией — столкновение типа «островная дуга — континент» и жесткой коллизией типа «континент—континент». Первая стадия — стадия конформного базитового магматизма, маркирующая мягкую коллизию. Ее окончание знаменуется развитием пояса даек риолит-порфиров и габбродолеритов — вторая стадия. В период перехода в следующий тип коллизии происходит формирование дифференцированных интрузий никеленосного комплекса на юге Западно-Магнитогорской зоны — третья стадия. Последняя четвертая стадия дайкового магматизма основного состава, на наш взгляд, предваряет начало жесткой коллизии. Анализ химического состава позволил выделить отличительные петрологические признаки ассоциаций пород каждой стадии. В целом эти признаки характерны внутриплитной геодинамической обстановке проявления магматизма.

Ключевые слова: коллизия, интрузивный магматизм, внутриплитный, стадия, ассоциация, комплекс, мульда, интрузии, конформный, дискордантный, дайки, габбро, петрогеохимия

© I.R. Rakhimov, D.N. Salikhov

COLLISION MAGMATISM OF THE WEST MAGNITOGORSK ZONE IN THE SOUTH URALS

Laboratory of Magmatism and Metamorphism,
Institute of Geology, Ufa Scientific Centre,
Russian Academy of Sciences,
ulitsa K. Marksa, 16/2,
450077, Ufa, Russian Federation,
e-mail: ig@ufaras.ru, rigel92@mail.ru

In the Early Carboniferous Period, the South Urals undergo a change in their geodynamic regime, and the subduction of paleo-oceanic plates gives way to accretion and collision processes in the volcanic arc complexes and along the passive eastern margin of the East European continent. This results in the formation of the West Magnitogorsk and East Magnitogorsk zones of magmatism within the moribund Magnitogorsk island arc. The magmatism manifests itself to the fullest extent in the East Magnitogorsk zone within the Magnitogorsk-Bogdanovsky Graben, whereas the magmatism in the West Magnitogorsk zone is represented only by abyssal bodies and dykes of different composition (acid and basic). In the West Magnitogorsk zone the formation of the complexes of intrusive bodies and dykes takes place stage by stage during the development of the collision regime in the South Urals characterized by two types. These are soft collision like "island arc – continent" and hard collision like "continent – continent". The stage of conformal basite magmatism reveals the association with basaltic volcanism in the

* Работа выполнена в рамках Программы ОНЗ РАН № 9 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН: «Процессы магматической и метаморфической эволюции земной коры и литосферной мантии».

graben of the East European zone and signifies soft collision, and its termination is marked by the developing belt of rhyolite-porphyric and gabbro-doleritic dykes. The period of transition to the next collision type coincides with the formation of differentiated intrusions in the nickel-bearing complexes of the southern West Magnitogorsk zone, and the subsequent stage of basic dyke magmatism characterizes hard collision. Rocks of each stage have peculiar petrological features and as a whole are characteristic of the magmatism-related intraplate geodynamic environment.

Key words: soft collision, hard collision, magmatism, intraplate, stage, association, complex, trough, intrusions, conformal, discordant, dykes, gabbros, petrochemistry, geochemistry

Западно-Магнитогорская зона (ЗМЗ) — часть Магнитогорской мегазоны (ММЗ), надвинутая на окраину Восточно-Европейского континента. Она сформировалась в начале каменноугольного периода в эпоху коллизии Восточно-Европейского кратона с Магнитогорской островной дугой [1–2], вулканическая деятельность которой прекратилась в конце девона. В результате этого столкновения западная часть островодужного вулканогенного основания надвинулась на континент, образовав Западно-Магнитогорскую зону мегасинклиория, а восточная стала развиваться на островодужном фундаменте и получила название «Восточно-Магнитогорской зоны» (ВМЗ) (рис. 1). На Южном Урале принято выделять коллизию двух типов — сначала мягкую островодужно-континентальную, позднее — жесткую межконтинентальную (Восточно-Европейского и Казахстанского континентов) [2, с. 156].

Магматизм ЗМЗ представлен разнообразными по морфологии, геологическому строению и тектоническим условиям интрузивными залежами и роями даек — в основном базитового состава. Предлагается рассматривать продукты плутонизма указанной зоны как ассоциации стадий коллизий магматизма. Начальной стадией в эпоху мягкой коллизии служит формирование серии конформных залежей. Эти конформные тела секутся комплексом даек диагонального и субширотного простирания — новой стадией коллизий магматизма. Следующей стадией стало формирование никеленосного комплекса на юге ЗМЗ. Этот этап, по-видимому,

фиксирует перерыв между окончанием мягкой коллизии и началом жесткой. Завершающей стадией коллизий магматизма ЗМЗ служит формирование пояса даек основного состава. Предполагается, что их образование маркирует начало эпохи жесткой коллизии в ЗМЗ.

Геология интрузивных комплексов. Конформные интрузивные залежи залегают среди вулкано-терригенных отложений мукасовской свиты D_3fr и флишоидов зилаирской свиты $D_3fm-C_1t_1$ и приурочены к крыльям синклинальных структур (мульд) (рис. 1). Формирование мульд и конформных залежей взаимосвязано и единовременно [3]. Тектоническая обстановка времени их образования соответствует столкновению островной дуги и континента, т.е. формирование обширных мульд является отражением блоковости фундамента, на который надвинута часть островодужного основания. Именно в бортовых частях мульд по крутопадающим разрывным нарушениям происходила реализация напряжений сжатия и сдвига (скольжения), благодаря чему образовались полости отслоения в осадочном чехле, представленного переслаиванием терригенных и кремнистых пород. Эти полости отслоения заполнились магматическим расплавом, сформировав лополиты, лакколлиты и силлообразные пластовые тела.

Выделено четыре комплекса конформных тел: Утыкташский, Верхнеуральский, Басаевский и Файзуллинский, контролируемые четырьмя синклинальными структурами — Имангуловской, Верхнеуральской, Худолазовской и Уртазымской, соответственно

(рис. 1). Массивы сложены габбро, габбро-норитами и габбро-долеритами. Визуальные различия обычно связаны со структурами пород и степенью вторичных изменений. Есть различия, обусловленные фракционированием в камерах интрузивных залежей.

Вслед становлению конформных залежей образовались серии даек разнонаправленного простирания, сложенных породами кислого и основного состава и объединенных в Кизильский комплекс. Размещение этих даек определялось диагональными сколами, возникшими в Худолазовской мульде. В Худолазовской мульде (рис. 2) развиты дайки габбро-порфиритов и габбро-долеритов широтного и субширотного простирания и дайки риолит-порфиоров.

Дискордантные интрузивные тела последующего этапа магматизма Западно-Магнитогорской зоны встречаются в разных частях западного борта Магнитогорского мегасинклинория. Особенно много их сконцентрировано в Таналык-Худолазовском поясе на юге ЗМЗ. Интрузивные тела, объединенные в Худолазовский комплекс, прослеживаются по простиранию на десятки и сотни метров и редко на первые километры при ширине выходов в десятки и сотни метров. Интрузивы небольших размеров прорывают осадочные комплексы улутаусской ($D_{2-3,ul}$), мукасовской (D_3,mk) (бывшей колтубанской) и зилаирской свит ($D_3,fm-C_1,t,zl$) в Худолазовской мульде. Нередко контуры залежей в плане имеют геометрически правильные очертания, что свидетельствует об одновременном проявлении разрывной тектоники и внедрении магматического расплава. Согласно буровым скважинам интрузии прослеживаются вглубь на десятки и первые сотни метров и лишь изредка достигают километра. Также они имеют многоярусное строение, размещаясь, по крайней мере, на двух (предположительно и больше) уровнях, соединяясь между собой узкими дайкообразными рукавами.

Формирование комплекса носит многофазный характер. Э.М. Бучковский и

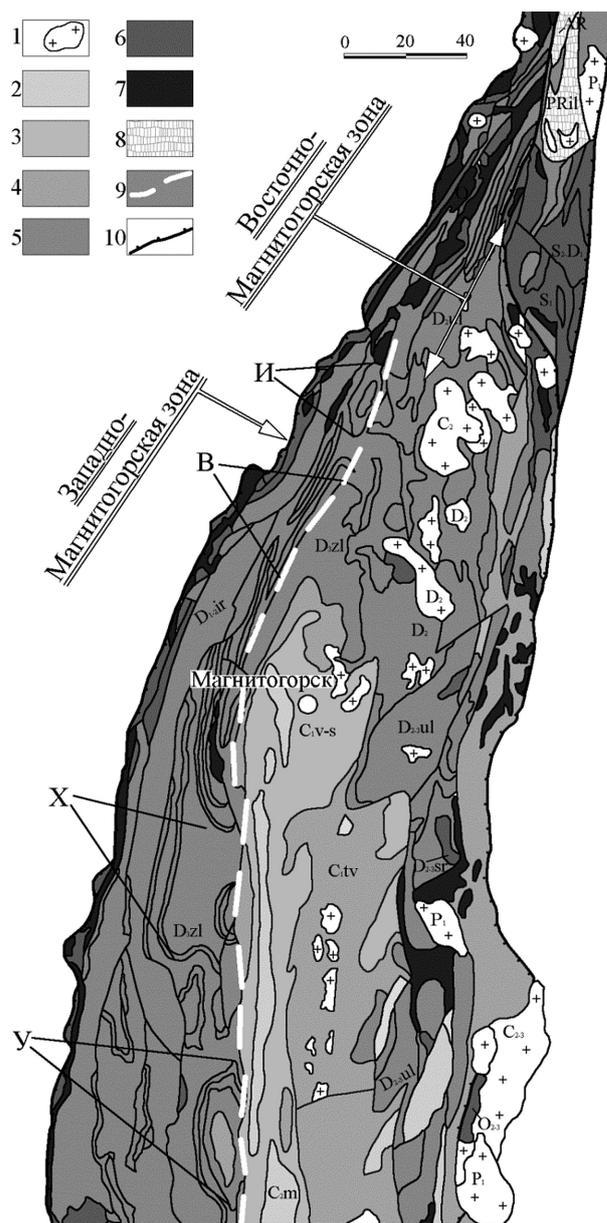


Рис. 1. Геологическая карта северо-центральной части Магнитогорской мегазоны (по В.И. Козлову и др., 2001 г.) с изменениями: 1 — массивы палеозойских гранитоидов; 2 — карбонатно-терригенные комплексы среднего карбона; 3 — вулканотерригенные комплексы раннего карбона; 4 — вулканогенно-осадочные комплексы раннего карбона; 5 — островодужные вулканогенно-осадочные комплексы девона; 6 — раннепалеозойские комплексы; 7 — гипербазиты; 8 — докембрийские комплексы; 9 — условная граница между Западно-Магнитогорской и Восточно-Магнитогорской зонами; 10 — надвиги. Синклинальные структуры: И — Имангуловская, В — Верхнеуральская, Х — Худолазовская, У — Уртазымская

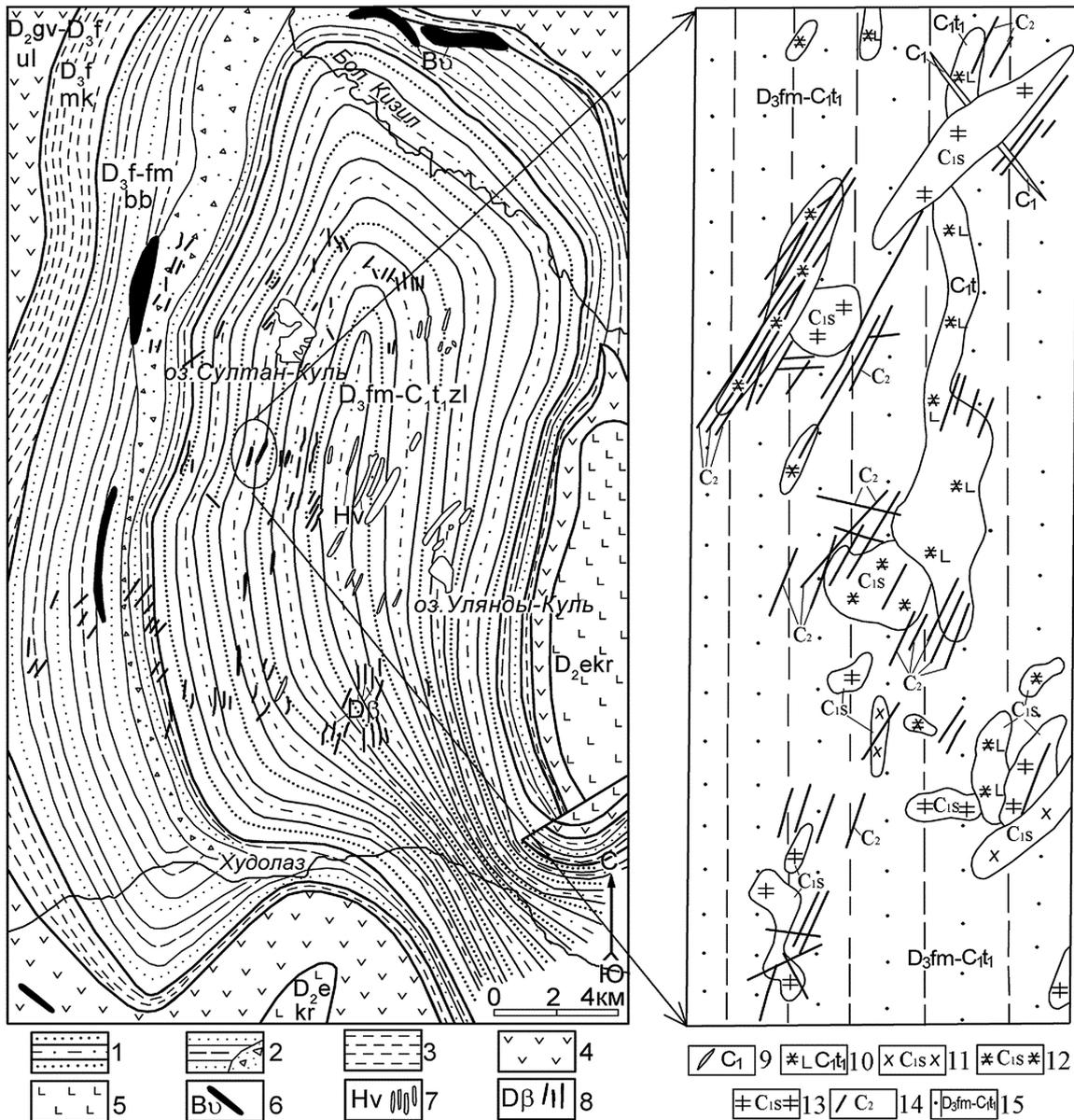


Рис. 2. Геологическая карта Худолоазовской мульды [3] и детальная схема геологического строения одного из характерных участков пояса развития даек [4, с. 14]: 1 — зилайрская свита ($D_3fm-C_1t_1zl$); 2 — бягодинская свита (D_3bg); 3 — мукасовская свита (D_3mk); 4 — улутауская свита ($D_{2,3}ul$); 5 — карамалыташская свита (D_2kr); 6 — Басаевский комплекс (Bv) — C_1 ; 7 — Худолоазовский комплекс (Hv) — C_1s ; 8 — Дайковый комплекс (D β) — C_1b ; 9 — субщелочные риолит-порфиры Кизильского комплекса (C_1v); 10 — габбро-диориты и габбро-долериты Басаевского комплекса (C_1t); 11 — диориты Худолоазовского комплекса (C_1s); 12 — габбро-диориты Худолоазовского комплекса (C_1s); 13 — габбро Худолоазовского комплекса (C_1s); 14 — дайки роговообманковых долеритов, долеритов и лампрофиров Дайкового комплекса (C_2b); 15 — гравелиты, песчаники, глинистые и кремнистые сланцы зилайрской свиты ($D_3fm - C_1t_1$)

соавторы [1971 ф.; 1974 ф.] выделили 4 фазы образования комплекса: однородные интрузии → дифференцированные интрузии → груборасслоенные интрузии → дайковый пояс. Позднее молодые дайки габброидов Д.Н. Салиховым были объединены в самостоятель-

ный Дайковый комплекс. В настоящее время он рассматривается как завершающая стадия коллизионного магматизма ЗМЗ, формировавшаяся при столкновении континентальных плит (начиная с башкирско-московского времени). В границах всей ММЗ проявлялись

разнонаправленные сколовые разрывы, контролируемые дайками и малыми интрузиями среднего карбона.

Дайковый комплекс занимает секущее положение относительно всех рассмотренных ранее интрузивных и дайковых образований. Комплекс в наиболее полном объеме проявился в Худолазовской мульде (рис. 2), где он образует пояс, пересекающий интрузии турнейского, визейского и серпуховского возраста по азимуту простираения ССВ 8–11°.

Мы связываем формирование Дайкового комплекса с началом орогенного режима на Южном Урале, или началом жесткой коллизии. По возрасту этот комплекс соответствует времени формирования кардаиловской свиты C₂b-m [5, с. 87], в верхах которой развиты флишеиды [6]. В Магнитогорской мегазоне выделяются несколько этапов накопления флишевой формации [7]. В нашем случае флишевое осадконакопление зилаирской свиты отвечает эпохе мягкой коллизии, при которой формировалась первая стадия магматизма ЗМЗ, а формирование флишеидов кардаиловской свиты на юге ЗМЗ — началу жесткой коллизии, к появлению которой приурочена последняя стадия магматизма ЗМЗ. Как известно, формирование флиша обычно сигнализирует о начале орогенных поднятий, связанных с коллизией.

Петрология пород комплексов. Комплексы конформных залежей сложены габбро-норитами, габбро-долеритами, лейкократовыми и мезократовыми разновидностями габбро. Породообразующими минералами в габброидах являются плагиоклаз (андезин) и клинопироксен (авгит), лишь в отдельных разновидностях присутствует ортопироксен (гиперстен). По химическому составу породы занимают промежуточное положение между базальтами толеитовой и известково-щелочной серий. Габброиды имеют умеренную и повышенную щелочность калий-натриевого типа. Также породы данной ассоциации коллизионного магматизма имеют следующие петрохимические характеристики: повышенная титанистость (TiO₂ от 1 до 2,5 %), высокая

железистость, средняя и высокая глиноземистость, магнезиальность (Mg/Mg+TFeO) средняя и высокая (Mg# 44–62 %). Высокозарядные элементы (Zr, Nb, Hf, U, Th) во всех комплексах (рис. 3) имеют повышенные количества относительно состава примитивной мантии [8–9]: максимальные значения в Басаевском комплексе, а минимальные — в Файзуллинском. Группа крупноионных литофильных элементов (КИЛЭ) — Rb, Cs, Sr, Ba — также характеризуется повышенным и умеренно повышенным содержанием. Примечательной геохимической особенностью пород всех стадий магматизма ЗМЗ является Sc-минимум. Особенно он проявляется в Верхнеуральском комплексе, его габброиды по составу микроэлементов очень схожи с кислыми породами Кизильского комплекса (рис. 3; 4). Однако содержание Sc в габброидах Утлыкташского комплекса находится на уровне рифтогенных формаций, хотя V/Sc-отношения более характерны для внутриплитных образований [10]. Обедненность габброидов элементами группы железа (V, Co, Ni, Cr) также является общим признаком всех ассоциаций. Уровень накопления редкоземельными элементами (РЗЭ) характерен для внутриплитных продуктов магматизма (WPB) [11–12], причем по набору всех микроэлементов габброиды близки к базальтам океанических островов (OIB) [13]. Спектры распределения РЗЭ имеют плавный отрицательный уклон, отношение La/Yb составляет 1,5 — 8,7. В Утлыкташском массиве рассчитана $\delta Eu = 0,162-1,867$. Но, к примеру, в Басаевском комплексе Eu аномалия имеет отрицательную форму, что свидетельствует о различных (и неравномерных) окислительно-восстановительных условиях кристаллизации магматического расплава.

Нормальнощелочные риолит-порфиры Кизильского комплекса характеризуются неоднородным обогащением сидерофильными элементами (разница в 10 раз). Однако КИЛЭ и высокозарядные (ВЗЭ) характеризуются равномерно повышенными значениями (рис. 3).

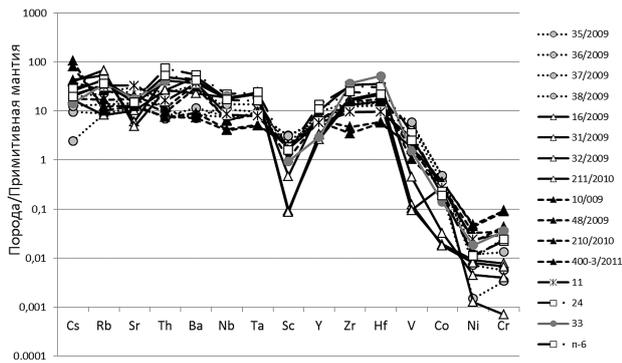


Рис. 3. Распределение редких и рассеянных элементов в породах конформных комплексов и даек Кизильского комплекса: 35 — 38/2009 — Утыкташский комплекс; 16/2009, 31/2009, 32/2009, 211/2010, 10/2009, 48/2009, 210/2010, 400-3/2011 — Кизильский комплекс; 11 — Файзуллинский комплекс; 24, п-6 — Басаевский комплекс; 33 — Верхнеуральский комплекс

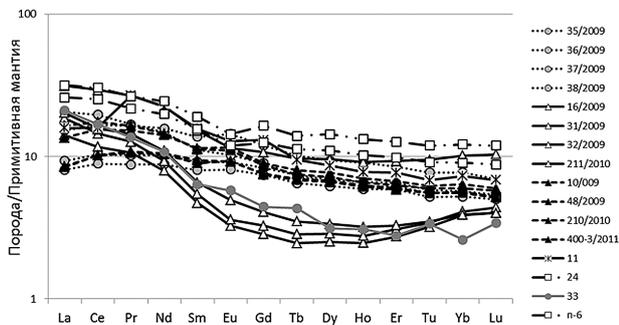


Рис. 4. Распределение РЗЭ в породах конформных комплексов и даек Кизильского комплекса. См. примечание рис. 3

Геохимия габбро-долеритовых пород даек Кизильского комплекса имеет свои отличительные признаки. Так, КИЛЭ характеризуются равномерно повышенными значениями, а ВЗЭ и особенно элементы группы железа — дифференцированы (рис. 3). Примечательно обогащение пород цезием, концентрации которого даже выше, чем в кислых породах. Спектры распределения РЗЭ (рис. 4) отличаются небольшим отрицательным уклоном и слабо проявленной аномалией Eu. Отмечается разная степень накопления легкой группой, а содержание Pr, Nd и Lu сопоставимо с риолит-порфирами.

Наибольшим разнообразием петрологических разновидностей отличается ассоциация

следующей стадии коллизионного магматизма. Наибольший объем в ней занимают габброиды: лейко-, мезо- и меланократовые габбро, габбро-диориты (пегматоидные), габбро-долериты. Темноцветные минералы представлены оливином, ромбическим и моноклинным пироксеном и бурой, переходящей в зеленую роговой обманкой и, наконец, биотитом. Ядра полиминеральных зерен представлены оливином, а периферия — ортопироксеном или клинопироксеном. Развиты полиминеральные зерна с ядром клинопироксена и периферией из бурой роговой обманки. Биотит развит по периферии зерен роговой обманки и клинопироксена. Плагиоклаз широкотаблитчатый и удлиненно-призматический, часто рекуррентно-зональный.

Кислые породы Худолазовского комплекса представлены небольшими телами плагиогранитов, прорывающие залежи габбро-диоритов и лейкократовых габбро. Ультраосновные породы образуют самостоятельные тела в виде штоков и представлены рогообманковыми перидотитами (шрисгеймитами).

По химическому составу габброиды Худолазовского никеленосного комплекса отвечают промежуточному типу между толеитами и субщелочными базальтами, хотя среди них выделяются и толеиты, и известково-щелочные разновидности, и субщелочные базиты с расчетным нормативным нефелином [14]. В них низкая железистость, умеренно-повышенная и повышенная титанистость — 0,62–2,5%. Количество глинозема на уровне 16–18%, магнезиальность от 32–37 до 53–67% — имеет весьма значительный разброс, причем этот показатель высок для долеритовых разновидностей.

В накоплении микроэлементов габброиды отличаются заметной дифференцированностью (рис. 5; 6). Содержания всех групп редких и рассеянных элементов имеют значения, отличающиеся в 5–10 раз. Sc минимум в Худолазовском комплексе проявлен слабее, чем в конформных залежах,

охарактеризованных выше. В целом концентрация Sc находится на уровне примитивной мантии, но встречаются и образцы с содержанием выше, чем в базальтах типа MORB или WCRB (базальты срединно-океанических хребтов и базальты внутриконтинентальных рифтов соответственно). Дефицит сидерофильных элементов здесь также проявлен, но, в отличие от конформных комплексов, концентрация мантийного Co значительно выше. Содержание Ni в основных породах — 55–191 г/т, в ультраосновных — в пределах 1000 г/т, Cr — 49–180 г/т и 1280–1400 г/т соответственно. Редкоземельные элементы также накоплены в большом интервале значений. Спектры распределения (рис. 6) свойственны для внутриплитных образований (типа OIB), хотя имеются единичные образцы с распределением, схожим с базальтами рифтовых обстановок (пробы с повышенным Sc).

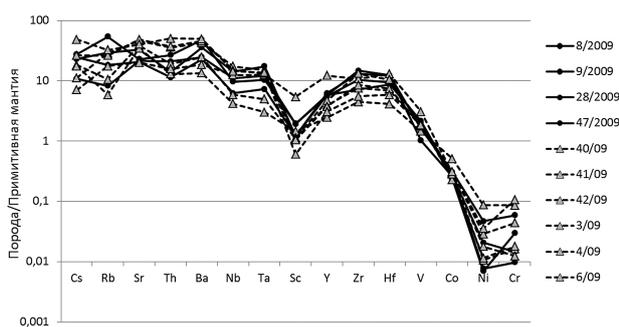


Рис. 5. Распределение редких и рассеянных элементов в породах Худолазовского и Дайковского комплексов: 8/2009, 9/2009, 28/2009, 47/2009 – Дайковский комплекс; 40/09, 41/09, 42/09, П3/09, П4/09, П6/09 – Худолазовский комплекс

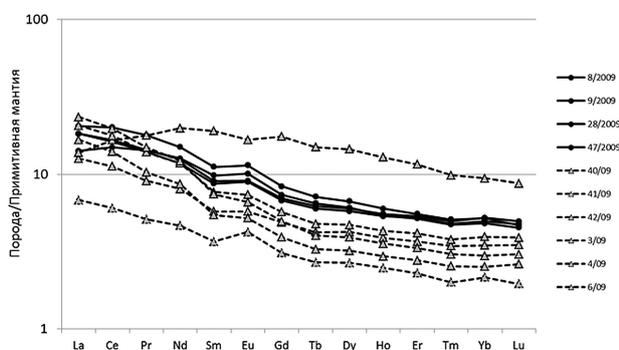


Рис. 6. Распределение РЗЭ в породах Худолазовского и Дайковского комплексов. См. примечание рис. 5

Самые молодые образования ЗМЗ — субмеридиональные дайки основного состава, представлены следующими типами пород: роговообманковыми долеритами, долерит-порфирами, лампрофирами, габбро-диоритами. Вещественный состав пород даек разных географических широт принадлежит промежуточному типу базитов между щелочными разновидностями и толеитами. Щелочность в них умеренно-повышенная с калий-натриевым типом специализации. Петрохимические компоненты в них находятся в разных значениях: TiO₂ ниже всего в габбро-диорите (0,7%), в два раза выше в роговообманковых долеритах и долеритах (1,3–1,7%), а самое высокое значение в габбро-долеритах (2,6%); соответственно глинозем имеет среднее и повышенное значение во втором типе и самое низкое — в третьем; магнезиальность изменяется в близких пределах — Mg# от 52 до 57%.

Геохимические параметры в целом не сильно отличаются от Худолазовского комплекса, хотя имеется ряд отличительных признаков (рис. 5; 6). Если КИЛЭ и сидерофильные мантийные элементы характеризуются разбросом значений, то ВЗЭ повышены равномерно. В целом породы Дайкового комплекса еще больше обеднены элементами группы железа, но более обогащены высокозарядными. Спектры распределения РЗЭ (рис. 6) абсолютно идентичны с Худолазовским комплексом, но содержания этих элементов в целом заметно выше, чем в предыдущей ассоциации и более типичны для пород внутриплитных формаций.

Выводы. В ходе исследования геологических условий и петрогеохимического состава продуктов каменноугольного магматизма ЗМЗ мы выделили четыре стадии интрузивного магматизма ЗМЗ. Мы предполагаем, что ее геодинамическое развитие происходило в режиме коллизии, сначала «мягкой», затем «жесткой». Благодаря транспрессивному тектоническому режиму в зоне скольжения структурных единиц сформировались

синклинальные структуры — мульды, бортовые части которых контролируют размещение конформных габброидных залежей, объединенных в четыре комплекса — первая стадия, а в их внутренних частях размещаются разнонаправленные дайки кислого и основного состава — вторая стадия. В последующем коллизия островной дуги и континента постепенно сменилась коллизией «континент-континент», именуемой «жесткой». В серпуховском веке, в период паузы

между названными типами коллизии, сформировался дифференцированный комплекс с сульфидным медно-никелевым оруденением, сложенный в большей степени габброидами — третья стадия. Завершает магматическую деятельность ЗМЗ комплекс даек основного состава — четвертая стадия. Петрогеохимия пород всех рассмотренных комплексов в целом отражает их генетическое родство и характеризует состав, свойственный в целом для внутриплитных продуктов магматизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Салихов Д.Н. Средне-позднепалеозойская коллизия история развития Магнитогорского мегасинклинория: дис. ... д-ра г.-м. наук. Екатеринбург, 1997. 85 с.

2. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

3. Салихов Д.Н., Беликова Г.И. Конформный базитовый магматизм мягкой коллизии Магнитогорского мегасинклинория // Геологический сборник. № 9. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. С. 164—172.

4. Салихов Д.Н., Бердников П.Г. Магматизм и оруденение позднего палеозоя Магнитогорского мегасинклинория. Уфа: БФАН СССР, 1985. 94 с.

5. Чувашов Б.И., Иванова Р.М., Колчина А.Н. Верхний палеозой восточного склона Урала (стратиграфия и фации). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 230 с.

6. Лутфуллин Я.Л. История геологического развития центральной части Магнитогорского мегасинклинория в каменноугольном периоде // Стратиграфия и геология карбона Южного Урала и восточной окраины Русской платформы. Уфа: БФАН СССР, 1975. С. 145—155.

7. Казанцева Т.Т. Гипербазиты Урала и периодизация их формирования // Вестник АН РБ, 2013. Т. 18, № 3. С. 17—32.

8. Sun S. Chemical composition and origin of the

earth's primitive mantle // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1981, vol. 46, pp. 179—192.

9. Lyubetskaya T., Korenaga J. Chemical composition of earth's primitive mantle and its variance // *Journal of geophysical research*. 2007, vol. 112, pp. 1—21.

10. Lee C.T., Leeman W.P., Canil D., Li Z.X. Similar V/Sc systematics in MORB and arc basalts: implications for the oxygen fugacities of their mantle source regions // *Journal of Petrology*. 2005, vol. 46, no. 11, pp. 2313—2336.

11. Коваленко В.И., Наумов В.Б., Гирнис А.В., Дорофеева В.А., Ярмолюк В.В. Среднее содержание несовместимых и летучих компонентов в деплетированной мантии, мантии океанических плюмов и мантии внутриплитных континентальных обстановок // Доклады Академии наук. 2007. Т. 415, № 3. С. 389—393.

12. Коваленко В.И., Наумов В.Б., Гирнис А.В., Дорофеева В.А., Ярмолюк В.В. Средние составы магм и мантии срединно-океанических хребтов и внутриплитных океанических и континентальных обстановок по данным изучения расплавленных включений и закалочных стекол базальтов // *Петрология*. 2007. Т. 15, № 4. С. 361—396.

13. Sun S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Geological Society. London*, 1989, vol. 42, pp. 313—345.

14. Салихов Д.Н., Беликова Г.И., Пучков В.Н. и др. Никеленосный интрузивный комплекс на Южном Урале // *Литосфера*. 2012. № 6. С. 66—72.

REFERENCES

1. Salikhov D.N. Sredne-pozdnepaleozoyskaia kollizionnaia istoriia razvitiia Magnitogorskogo megasinclinoriii [Middle to Late Paleozoic collisional history of the Magnitogorsk Megasyntinorium]. (Postdoctoral thesis), Ekaterinburg, 1997. 85 p.
2. Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priural'ia (actual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and Cis-Urals (topical issues in stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 2010. 280 p.
3. Salikhov D.N., Belikova G.I. Konformnyi bazitovyi magmatizm miagkoi kollizii Magnitogorskogo megasinclinoriii [Soft collisional conformal basite magmatism of the Magnitogorsk Megasyntinorium]. *Geologicheskii sbornik No. 9 – Geological Compendium No. 9*. Ufa: DizainPoligrafServis Publ., 2011, pp. 164–172.
4. Salikhov D.N., Berdnikov P.G. Magmatizm i orudnenie pozdnego paleozoiia Magnitogorskogo megasinclinoriii [Late Paleozoic magmatism and ore mineralization in the Magnitogorsk Megasyntinorium]. Ufa, BB USSR AS Publ., 1985. 94 p.
5. Chuvashov B.I., Ivanova R. M., Kolchina A.N. Verkhonii paleozoi vostochnogo sklona Urala (stratigrafiia i fatsii) [Upper Paleozoic eastern slope of the Urals (stratigraphy and facies)]. Sverdlovsk, USC USSR AS Publ., 1984. 230 p.
6. Lutfullin Y.L. Istoriia geologicheskogo razvitiia tsentral'noi chasti Magnitogorskogo megasinclinoriii v kamennougol'nom periode [The carboniferous history of evolution of the central part of the Magnitogorsk Megasyntinorium]. *Stratigrafiia i geologiya karbona luzhnogo Urala i vostochnoi okrainy Russkoi platformy – Carboniferous stratigraphy and geology of the South Urals and eastern edge of the Russian platform*. Ufa, BB USSR AS Publ., 1975. pp. 145–155.
7. Kazantseva T.T. Giperbazity Urala i periodizatsiia ikh formirovaniia [Hyperbasites in the Urals and periodization of their development]. *Vestnik AN RB – Reports of ASRB*, 2013, vol. 42, no. 3. pp. 179–192.
8. Sun S. Chemical composition and origin of the earth's primitive mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1981, vol. 46, pp. 179–192.
9. Lyubetskaya T., Korenaga J. Chemical composition of earth's primitive mantle and its variance. *Journal of geophysical research*, 2007, vol. 112, pp. 1–21.
10. Lee C.T., Leeman W.P., Canil D., Li Z.X. Similar V/Sc systematics in MORB and arc basalts: implications for the oxygen fugacities of their mantle source regions. *Journal of Petrology*, 2005, vol. 46, no. 11, pp. 2313–2336.
11. Kovalenko V. I., Naumov V.B., Girnis A.V., Dorofeeva V.A., Yarmoliuk V.V. Srednee sodержanie nesovmestimykh i letuchikh komponentov v depletirovannoi mantii, mantii okeanicheskikh pliumov i mantii vnutriplitnykh kontinental'nykh obstanovok [Average contents of incompatible and volatile components in depleted, oceanic plume, and within-plate continental mantle types]. *Doklady Akademii nauk – Reports of the Academy of Sciences*, 2007, vol. 415, no. 3. pp. 389–393.
12. Kovalenko V. I., Naumov V.B., Girnis A.V., Dorofeeva V.A., Yarmoliuk V.V. Srednie sostavy magmi mantii sredinno-okeanicheskikh khrebtov i vnutriplitnykh okeanicheskikh i kontinental'nykh obstanovok po dannym izucheniia rasplavnykh vklucheniia i zakalochnykh stekol basal'tov [Average compositions of magmas and mantle sources of mid-ocean ridges and intraplate oceanic and continental settings estimated from the data on melt inclusions and quenched glasses of basalts]. *Petrologiya – Petrology*, 2007, vol. 15, no. 4, pp. 361–396.
13. Sun S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society of London*, 1989, vol. 42, pp. 313–345.
14. Salikhov D.N., Belikova G.I., Puchkov V.N., Ernst R., Soderlund U., Kamo S., Rakhimov I.R., Kholodnov V.N. Nikelenosnyi intruzivnyi kompleks na luzhnom Urale [A nickel-bearing intrusive complex in the Southern Urals]. *Litosfera – Lithosphere*, 2012, no. 6, pp. 66–72.