МИНЕРАЛОГИЯ ПОСТАККРЕЦИОННОГО ИВДЕЛЬСКОГО ДОЛЕРИТ-МОНЦОНИТ-ГРАНОДИОРИТОВОГО КОМПЛЕКСА (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ): СВЯЗЬ С ИСТОЧНИКАМИ, РОЛЬ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ, РЕЖИМ ГАЛОГЕНОВ И КИСЛОРОДА, МИНЕРАЛЫ – ИНДИКАТОРЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РУДОНОСНОСТИ

Холоднов В.В., Шагалов Е.С., Петров Г.А.

Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия, holodnov@igg.uran.ru

Гипабиссальные интрузивные тела ивдельского комплекса габбродолерит-монцонит-гранодиоритового состава, датируемые поздним девоном (365–373 млн. лет), распространены среди девонских (D_{1-3}) островодужных толщ Восточно-Тагильской структурно-формационной зоны на Северном Урале [Петров и др., 2021; Петров, 2022].

С использованием электроннозондового микроанализатора SX-100 (Cameca) изучен состав породообразующих и акцессорных минералов этого комплекса, проведена обработка и интерпретация полученных данных. Это позволило получить новые данные о флюидном режиме и потенциальной рудоносности различных по составу интрузивных тел этого комплекса. С использованием дискриминационных диаграмм охарактеризован состав возможных мантийных источников.

Результаты. Установлено, что позднедевонский (фамен) ивдельский комплекс по условиям петрогенезиса и составу представляет собой комбинацию магматических источников, последовательно сменяющих друг друга в процессе зарождения расплавов и дальнейшей их эволюции (дифференциации). Породы основного состава (долериты) наиболее близки к производным деплетированной мантии (рис. 1а, б), дальнейшая эволюция (от монцодолеритов к гранодиоритам) отражает усиливающуюся контаминацию кремнекислых расплавов надсубдукционным островодужным и коровым веществом [Петров и др., 2021; Петров, 2022].

Величина Y/Nb-индекса [Холоднов и др., 2021] в среднем для пород ивдельского комплекса (рис. 1а) составляет Y/Nb = 20. Она близка вулканитам фронтальных зон островных дуг [Антонов, 2006], на рис. 1а этому значению частично соответствуют только вулканиты перевозской свиты. Это означает, что первичный мантийный источник для пород ивдельского комплекса мог быть более деплетированным, чем источник [Sun, McDonough, 1989] для базальтов N-MORB типа (Y/Nb = 12). На рис. 1а средний состав базальтов N-MORB типа обозначен звездочкой.

На связь ивдельского комплекса с сильно деплетированной мантией указывают и данные диаграммы Zr/Nb-Nb [Симонов и др., 2010]. Преобладающая часть пород ивдельского комплекса находится здесь (рис. 1б) в поле рифтогенных базальтов типа N-MORB Красного моря. Стрелка на этом рисунке характеризует долю плюмовых расплавов типа OIB. Она этими геохимическими данными для ивдельского комплекса не фиксируется.

Другая важная петрологическая особенность этого комплекса – его формирование при участии сильно восстановленного, богатого хлором магматогенного флюида. Это характеризуют (магматический этап) составы клинопироксена, плагиоклаза, богатого хлором апатита и рудных минералов (высокотитанистого титаномагнетита и ильменита), а на постмагматическом этапе – составы амфибола и хлорита. Показательным в этом плане является «аномальный» состав вкрапленников клинопироксена, близкий к клинопироксенам в траппах Сибирской платформы. Проведенные исследования показали, что это результат очень длительной дифференциации первичной деплетированной магмы, по-видимому, в промежуточных магматических камерах. При этом, что очень важно, эта дифференциация происходила в резко восстановительных условиях флюидного режима. Это стимулировало непрерывный рост железистости клинопироксена, независимо от содержаний FeO в кристаллизующихся расплавах. Предполагая, что первичный деплетированный магматический расплав мог быть высокомагнезиальным, это позволяет связать возможный состав самых ранних вкрапленников клинопироксена в долеритах, как показано на рис. 1в (стрелка), с клинопироксенами в поле (MORB).

Результаты проведенных исследований также свидетельствуют, что в зависимости от состава внедряющихся расплавов, содержаний в них хлора и активности кислорода, в составе ивдельского комплекса формируется ряд автономных сильно-дегазирующих флюидно-магматических систем. Для них (долериты, монциониты и др.) характерны заметные особенности в процессах постмагматического автометасоматоза (вторичный амфибол, хлорит) с участием желези-

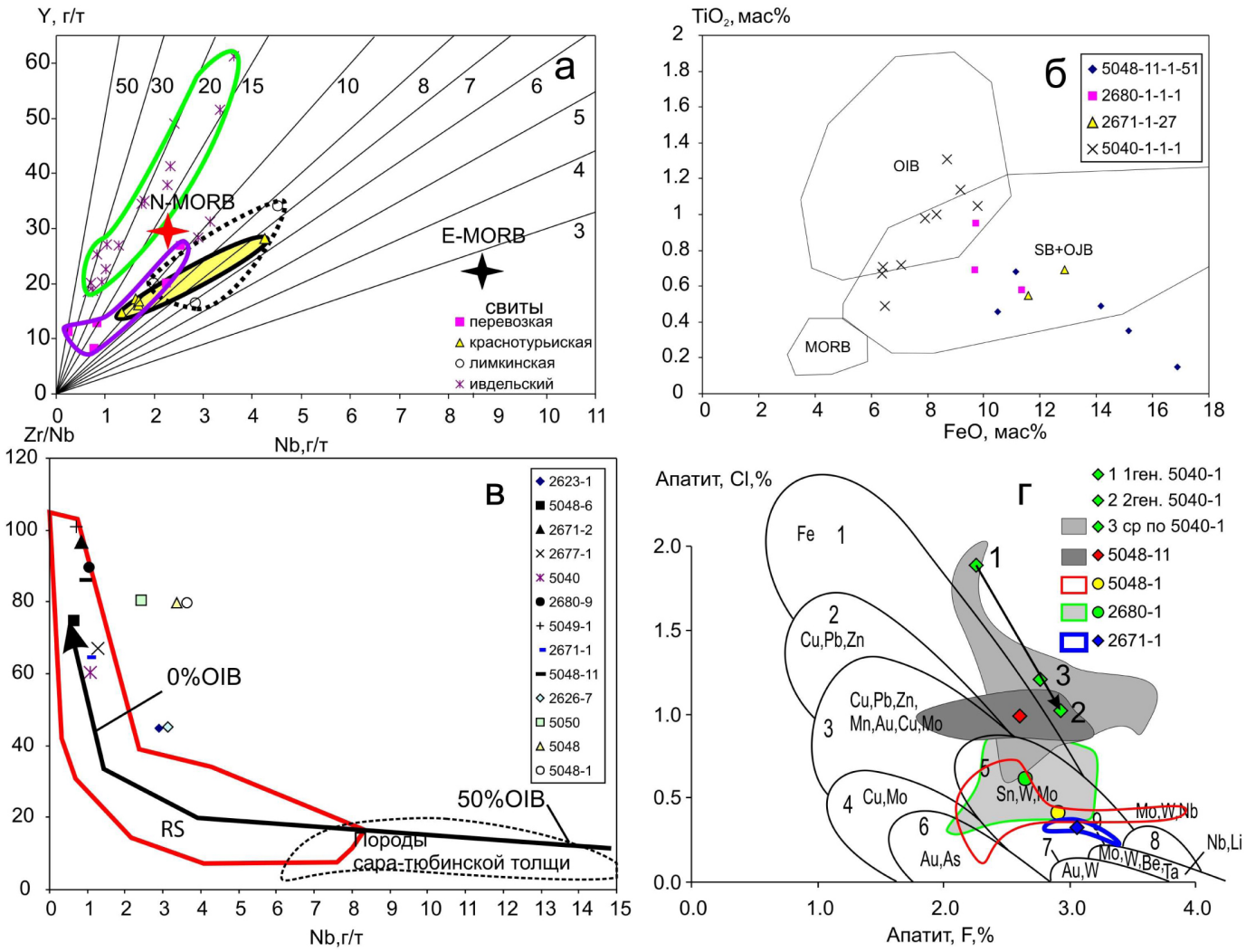

Рис. 1. Дискриминантные диаграммы:

а) геохимическая и геодинамическая типизация (Y/Nb индекс) вулканогенных пород D_{1-3} Восточно-Тагильской островодужной зоны, в которые внедрены силлы и дайки ивдельского (D_3) долерит-гранодиоритового комплекса (зеленое поле). Условные обозначения предшествующих (D_{1-3}) островодужных свит этой зоны (перевозской, краснотурьинской и лимкинской – на полях рис. 1).

б) диаграмма Zr/Nb-Nb [Симонов и др., 2010] для пород ивдельского комплекса. Красным цветом выделено поле (RS) рифтогенных базальтов (N-MORB) Красного моря. Стрелка характеризует долю плюмовых расплавов типа OIB (от 50 % до 0). Условные обозначения исследованных проб на полях диаграмм.

в) TiO_2 – FeO для клинопироксенов ивдельского комплекса – с полями состава клинопироксена [Симонов и др., 2010] из базальтов внутриплитных океанических островов (OIB), срединно-океанических хребтов (MORB), платобазальтов Сибирской платформы (SB). Стрелка отражает состав первичного магматического источника для долеритов ивдельского комплекса.

г) позиция (поля проб и средние значения) апатитов ивдельского комплекса на диаграмме соотношения содержаний хлора и фтора для апатитов из гранитоидов с различной металлогенической специализацией и рудоносностью (по [Холоднов, Бушляков, 2002]).

сто-хлоридного флюида. Общая принадлежность по режиму летучих (галогенов, воды и кислорода) таких автономных ФМС к титаномагнетитовой феррофации [Ферштатер, 1987] может определять и их общую металлогеническую специализацию и возможную потенциальную рудоносность (Fe, Cu, Zn, Au, Mo, W). Крупные тела габбродолеритов этого комплекса перспективны и на высокотитанистое магматогенное магнетит-ильменитовое оруденение. Апатит как минерал-индикатор на рис. 1г характеризует специфический хлорофильный спектр (Fe, Cu, Zn, Au и др.) такой прогнозируемой рудной минерализации.

Таким образом, полученные новые минералого-петрологические и геохимические данные не противоречат, в целом, разрабатываемой модели отрыва субдуцируемого слэба [Петров и др., 2021; Петров, 2022] и плавления мантийного вещества разного состава после прекращения процесса субдукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А.Ю. Вещественная зональность четвертичного вулканизма Курильской островной дуги и новые петрологические следствия // Литосфера. 2006. №1. С. 22–44.
2. Петров Г.А. Геохимические особенности вулканитов северной части Тагильской структуры как отражение эволюции палеозоны субдукции // Литосфера. 2022. Т. 22. № 6. С. 709–740.
3. Петров Г.А., Тристан Н.И., Бороздина Г.Н., Маслов А.В. Стратиграфия и обстановки формирования девонских толщ Тагильской мегазоны на Северном Урале // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2021. Т. 29. № 3. С. 3–28.
4. Симонов В.А., Клец А.Г., Ковязин С.В., Ступаков С.И., Травин А.В. Физико-химические условия раннего плюмового магматизма Западной Сибири // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 9. С. 1277–1297.
5. Ферштатер Г.Б. Петрология главных интрузивных ассоциаций. М.: Наука, 1987. 232 с.
6. Холоднов В.В., Бушляков И.Н. Галогены в эндогенном рудообразовании. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 390 с.
7. Холоднов В.В., Шардакова Г.Ю., Пучков В.Н., Петров Г.А., Шагалов Е.С., Салихов Д.Н., Коровко А.В., Прибавкин С.В., Рахимов И.Р., Бородина Н.С. Палеозойский гранитоидный магматизм Северного, Среднего и Южного Урала как отражение этапов геодинамической и геохимической эволюции коллизионного орогена // Геодинамика и Тектонофизика. 2021. Т. 12. № 2. С. 225–245.
8. Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes. Magmatism in Ocean Basins // Geol. Soc. Spec. Publ. London. 1989. V. 42. P. 313–345.