



ДЕВОНСКИЙ ВУЛКАНИЗМ МИНУСИНСКОГО ПРОГИБА В СВЕТЕ ДВУХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ – КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СИЛЛОГЕНЕЗА И ЩЕЛОЧНО-БАЗИТОВОГО ПЕТРОГЕНЕЗА (ПО МАТЕРИАЛАМ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ)

Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Проведен критический анализ прикладных аспектов гипотезы континентального силлогенеза, в основу которой положена идея о тотальном доминировании интрузивных пластовых тел базитов (силлов) над эффузивными покровами в осадочно-вулканогенной нижнедевонской быскарской серии Минусинского прогиба. Показана неоднозначность рекомендованных к практическому применению признаков корректной диагностики базитовых силлов. Выражено отрицательное отношение к попыткам перевода ряда существенно эффузивных нижнедевонских свит в разряд интрузивных образований с параллельным изъятием базитов из стратиграфических баз данных. На основании фактических материалов, полученных сотрудниками научно-исследовательской лаборатории геокарт Томского госуниверситета в процессе составления среднemasштабной Государственной геологической карты второго поколения (номенклатурный лист N-46-XIX), высказаны сомнения о присутствии на юге Минусинского прогиба нефелин- и лейцитсодержащих щелочных пород. Для решения этой проблемы необходимы дополнительные специализированные исследования.

Ключевые слова: Минусинский прогиб, силлогенез, признаки диагностики базитов, эффузивные породы, силлы, щелочные породы.

DEVONIAN VOLCANISM OF THE MINUSA TROUGH IN TERMS OF TWO GEOLOGICAL HYPOTHESES – CONTINENTAL SILLOGENESIS AND ALKALINE-BASITE PETROGENESIS (BY MATERIALS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS)

N. A. Makarenko, A. D. Kotelnikov

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Applied aspects of the hypothesis of continental sillogenesis has been critically analyzed based on the idea of the total dominance of intrusive formation bodies of basites (sills) over the effusive covers in the sedimentary-volcanogenic Lower Devonian Byskarian series of the Minusa Basin. The ambiguity of the recommended criteria for the practical application of the correct diagnosis of the basitic sills is shown. A negative attitude towards attempts to transfer a number of essentially effusive Lower Devonian formations to the category of intrusive formations with a parallel withdrawal of basites from stratigraphic databases is taken. Based on the actual materials received by the NIL team of the Tomsk State University in compiling the second-generation medium-scale State geological map (N-46-XIX nomenclature sheet), doubts are expressed about the actual presence of nepheline- and leucite-containing alkaline rocks in the south of the Minusa Basin. To solve this problem, additional specialized studies are needed.

Keywords: Minusa Trough, sillogenesis, basite diagnosis features, effusive rocks, sills, alkaline rocks.

DOI 10.20403/2078-0575-2018-4-105-111

В пределах Минусинского прогиба широко распространены эффузивные породы основного и среднего состава (базальты, трахибазальты, трахиандезибазальты), входящие в состав многочисленных нижнедевонских свит в контурах пятнадцати (из семнадцати) структурно-фациальных подзон Минусинской СФЗ [13]. Мощности многих свит (тастрезенской, хараджульской, тарланской и др.) весьма значительны (более 1,5–2,0 км).

Эффузивные породы практически всегда сопровождаются небольшим количеством субвулканических образований – даек, лакколитов, мелких штоков, силлов, причем критерии разграничения пластовых магматитов различной фациальной принадлежности достаточно полно разработаны многи-

ми поколениями геологов-съемщиков, давно стали хрестоматийными и вошли практически во все учебники по общей и структурной геологии.

Классическими признаками эффузивной природы базитов принято считать: присутствие «корявых» шлаковых корок и эрозионных выступов в кровле палеопотоков; наличие лавобрекчий; развитие каверн и трещин в верхних контактах, заполненных терригенными (реже карбонатными) осадками вышележащих слоев с четко выраженной слоистостью (в кавернах) и с типичным обликом кластических (осадочных) даек в трещинах; широкое развитие миндалекаменных и пористых текстур; присутствие туфов и вулканических бомб разнообразных скульптурных форм, в том чис-



ле типа «хлебной корки»; «холодные» контакты с вмещающими породами.

В противоположность этому классические субвулканические силлы характеризуются «горячими» (иногда секущими) контактами с вмещающими (более древними) породами, что приводит к появлению экзоконтактовых зон ороговикования; присутствием апофиз, инъекций и дочерних даек-перемычек; наличием ксенолитов посторонних (иногда глубинных) пород; отсутствием лавобрекчий, выраженных шлаковых зон и глыбовых поверхностей; относительно слабыми проявлениями миндалекаменных и пористых текстур.

Использование этих, а также некоторых второстепенных признаков позволило геологам осуществить качественное картирование обширных территорий с составлением двух поколений среднемасштабных геологических карт, причем эффузивные породы всегда преобладали над субвулканическими фациями. Отметим, что наш опыт картирования по программе ГДП-200 двух номенклатурных листов (N-45-XXIV и N-46-XIX) также показал, что доля долеритовых силлов в таких нижедевонских существенно вулканогенных свитах, как тастрезенская, большесырская, матаракская, тарланская невелика – всего 5–15 % от общего объема магматитов основного состава [5]. В качестве диагностических признаков субвулканических образований нами использованы следующие: относительно ровные контактовые поверхности (без шлаковых «бугров» и глыб); плотное однородное сложение; полнокристаллическое зернистое макростроение; высокая механическая прочность; свежий макро- и микроскопический облик; отсутствие лавобрекчий и вулканических бомб; присутствие ксенолитов; пространственная сопряженность силлов с дайками долеритов и с их роговиковыми ореолами; отсутствие или слабое развитие миндалекаменных и пористых текстур; повышенная магнитность и некоторые другие.

Однако начиная с 2000 г. в печати [9, 10, 12, 14–21] появляются и активно развиваются альтернативные представления, оформленные Г. С. Федосеевым в виде гипотезы континентального силлогенеза [14]. В основу данной гипотезы заложена идея о тотальном характере субвулканического магматизма, практически полностью вытесняющего вулканические процессы. Под силлогенезом следует понимать «процесс роста земной коры за счет массового формирования силлов и подобных им тел в континентальных осадочных бассейнах при определенных условиях» [17, с. 306].

Методические приемы, используемые Г. С. Федосеевым для обоснования абсолютного превосходства силлов над эффузивами, несмотря на ошутимое присутствие в текстах статей стилистических фигур, повторов и длиннот, вполне доступны для понимания и с определенной долей условности могут быть рассмотрены в рамках двух главных тесно взаимосвязанных этапов их применения.

На **первом этапе** сначала выражается сомнение в легитимности перечисленных традиционных признаков диагностики эффузивных базитов, затем постепенно проводится элементарная **подмена понятий** путем перевода «эффузивных» признаков в разряд «интрузивных» с параллельным внедрением целой серии новых терминов с англоязычным (ортореобрекчия, литомиктитовая брекчия, реомикстит, реокласт, реоролл, пеперит и др.) и даже медицинским (дивертикулы) звучанием. Активное многолетнее манипулирование этими терминами способствует созданию обманчивого впечатления об адекватности проведенной трансформации диагностических признаков. В результате широко распространены кластические дайки, которые представляют собой трещины в кровле палеопотоков, заполненные более «молодым» осадочным материалом, классифицируются в качестве пластифицированных и деформированных ксенолитов более «древних» осадков внутри интрузивных силлов; лавы с типичной подушечной и шаровой отдельностями считаются силловыми реороллами; вулканические лавобрекчии аттестуются как силловые автореобрекчии. Бугристые и столбчатые эрозионные выступы кровли палеопотоков с обильными порами идентифицируются как **мандельштейновые** дивертикуловые (пеперитовые) инъекции, при этом утверждается, что в некоторых силлах «пузыристые и миндалекаменные разности пород в эндоконтактовых и приксенолитовых зонах развиты исключительно широко. Иногда количество газовых пузырей в верхних зонах становится настолько значительным, что образуются пемзовые (кружевные) текстуры» [15, с. 184]. (Интересно, как может **пемзовая** сугубо вулканическая текстура сформироваться внутри **интрузивного** тела?) Этот список можно продолжить, но основная тенденция вполне очевидна. Заметим, что, на наш взгляд, наглядные примеры попыток перевода «эффузивных» диагностических признаков в ранг «интрузивных» запечатлены на многих фотографиях «с натуры», помещенных в работах [12, 17].

Таким образом, итогом первого этапа можно считать полное уничтожение классических «эффузивных» признаков, что делает бессмысленными любые попытки найти конструктивное решение проблем диагностики пластовых тел базитов.

Целью **второго этапа** является объяснение парадоксальной ситуации, связанной с тем, что, несмотря на все старания, Г. С. Федосееву так и не удалось найти ни одного классического признака, свидетельствующего о «горячих» взаимоотношениях базитовых пластовых тел с вмещающими породами. На этом этапе прилагаются усилия для того, чтобы хоть как-то объяснить не только отсутствие в изученных базитовых контактах зон термального метаморфизма, а также дочерних даек-перемычек и апофиз, но и обосновать противоречащий всем канонам классической стратиграфии «древний» возраст песчаников, которые расположены стратигра-



фически выше пластовых тел базитов. Подробный критический анализ весьма любопытного «аквамагматогенного» аспекта гипотезы силлообразования выходит за рамки данного сообщения, но хотелось бы подчеркнуть, что автор гипотезы для объяснения своей позиции вынужден ввести ряд новых для вулканологии понятий и терминов. Например, **«теплые»** контакты, около которых якобы не могут возникать зоны ороговикования (слишком «холодно!»); **«промежуточные буферные слои и оболочки»** над кровлей базитов, которые в силу своей первозданной или приобретенной «буферной» пластичности и обводненности якобы препятствуют формированию трещин – потенциальных вместилищ для дочерних даек и апофиз – и одновременно **«омолаживают»** прогретые древние песчаники, которые приобретают пластичность, текучесть и даже «наведенную» вторичную слоистость, и некоторые другие. Удастся ли Г. С. Федосееву убедить читателей своих статей в справедливости этих построений, покажет будущее. А в настоящий момент нам предлагается **просто поверить** в уникальность и эндемичность «базитовых силлов» Минусинского прогиба, не обладающих ни одним каноническим «интрузивным» признаком.

Установленные и активно пропагандируемые так называемые дивергентные (отличительные) признаки силлов, среди которых первостепенное значение придается литомиктитовым (реологическим) брекчиям и дивертикулам (пеперитам) [15, с. 186], а также валиковым и шарообразным текстурам, макротекстурам закатывания и некоторым другим [21, с. 107], в результате реализации описанных методических приемов оказались, по существу, **общими** как для сторонников эффузивной концепции, так и для «интрузивщиков». Кажется, что это отчетливо понимает и Г. С. Федосеев, публикуя в качестве отвлекающего маневра целый набор **неоднозначных** оценочных суждений, но с **однозначной** («силловой») авторской интерпретацией, например:

«...литомиктитовые брекчии... прежде **ошибочно** (Здесь и далее выделения в цитатах наши. – *Авт.*) принимались за атмокластические и осадочные брекчии или за пенисто-брекчиевые покрытия лавовых потоков» [19, с. 296];

«...головные части дивертикул... легко можно принять за полуокатанные обломки эффузивных базитов и сделать **ложное** заключение о холодном типе контактов» [18, с. 85];

«...валиковые и шарообразные макроструктуры **создают** некоторое внешнее **подобие** канатным лавам, а поперечные их разрезы – шаровым» [18, с. 85];

«...в макротекстурах закатывания... шары и валики отделены друг от друга..., а на их поверхностях в отдельных местах встречаются выпуклости, однозначно **похожие на т. н. «хлебные корки»**... Прежде эти образования **квалифицировались как шаровые и подушечные лавы**» [19, с. 297].

Эти высказывания, на наш взгляд, не способствуют укреплению позиций Г. С. Федосеева, а, наоборот, наглядно показывают, что ранее перечисленные дивергентные признаки диагностики силлов не только не безупречны, но и двусмысленны. И еще: какие же это «отличительные» интрузивные признаки, если они постоянно «пересекаются» с признаками покровных эффузивов, что ведет к возможности двойкой интерпретации наблюдаемых фактов? Казалось бы, что в данной ситуации следует прекратить дискуссию и больше не настаивать на тотальном характере силлогенеза, но этого, к сожалению, не происходит, поскольку Г. С. Федосеев постоянно играет роль главного арбитра в безальтернативных (для оппонентов) спорах о том, какие именно признаки следует считать ошибочными (ложными), а какие нет, продолжая оставаться непреклонным сторонником «силлогенетической» концепции. Об этом красноречиво свидетельствуют следующие цитаты:

«...масштабный базитовый магматизм проявился не в эффузивной, а преимущественно в интрузивной (силловой) форме» [20, с. 336];

«...все базитовые пластовые тела, у которых автору (т. е. Г. С. Федосееву. – *Авт.*) удалось обнаружить или вскрыть канавами и расчистками верхние контактовые поверхности, являются не лавовыми палеопотоками, как предполагалось ранее многими исследователями, а относятся к категории интрузивных тел – силлов» [17, с. 303];

«...послебыскарский возраст силлов указывает на отсутствие гомодромных формаций, имеющих в качестве начальных членов базальты или щелочные базальты» [20, с. 336];

«...бассейновый магматизм проявился в два этапа и эволюционировал по антидромной схеме: вулканизм среднего и умеренно-кислого состава сменился базитовым силлогенезом» [17, с. 303].

Отметим, что наиболее просто и доходчиво о данной проблеме высказались В. И. Краснов и Л. С. Ратанов: «Фаунистически доказанный девонский вулканизм на востоке Алтае-Саянской области был эксплозивным. Трещинных излияний базальтоидных лав этого возраста не было совсем» [9, с. 88].

Логическим итогом подобных рассуждений стала шокирующая декларация о том, что в состав быскарской серии «были включены свиты с существенным участием „лжепокровов“. Фактически это означает, что эти свиты являются **ложными** и подлежат изъятию из стратиграфических перечней и баз данных. В связи с этим представляется целесообразным считать подобные свиты (**тонская, марченгашская** и некоторые другие) невалидными, а входящие в их состав недифференцированные пластовые тела долеритов, базальтов, анамезитов, мандельштейнов и других, ассоциирующихся с ними „эффузивовидных“ пород основного состава, – объединить в два силловых комплекса – **кузьменский** (оливин-пироксеновые долериты) и **усть-коксинский** (крупнолей-



стовые лабрадорские порфиры). По этой же причине пластовые базиты должны быть исключены из состава южноминусинской, тимиртасской, сагархинской, тастрезенской, придорожной, матаракской, копковской, полевостанской, сисимской, имирской и других близких по возрасту и строению свит (Краснов, Ратанов, 2000; Краснов, Федосеев, 2000)» [21, с. 107–108].

Пока в Региональной стратиграфической схеме полностью ликвидирована лишь **тонская** существенно базальтоидная свита мощностью более 700 м [9, 22], которая «исчезла» из стратиграфической колонки Сисимской структурно-фациальной подзоны Минусинской СФЗ [13, с. 48, колонка 30].

После 2009 г. в печати появилась серия статей с участием Г. С. Федосеева, посвященных геологическим, геохимическим и изотопным характеристикам девонского магматизма разных частей прогиба: Копьевского и Новоселовского поднятий [2], Шира-Шунетского района [3], всего прогиба [6, 8], и даже всей Алтае-Саянской рифтовой области [7]. В обобщающей сводке по Минусинскому прогибу [4] опубликовано множество прецизионных химических и микроэлементных анализов магматитов, в том числе и пластовых базитов, распределенных по двенадцати ключевым участкам. Доля анализов, приходящихся на эффузивные базиты и андезибазиты (по сравнению с субвулканическими долеритами), высокая – 40 против 9, или 82 и 18 % соответственно [4, табл. 1, с. 1294–1301]. При описании конкретных участков также отмечается ведущая роль покровных эффузивов основного состава. Та же самая картина отчетливо видна на двенадцати «обобщенных» стратиграфических колонках [4, рис. 3, с. 1288–1289], построенных по материалам «среднемасштабной государственной геологической съемки листов Минусинской серии для восточной окраины прогиба» [17, с. 304].

Невольно возникают два главных вопроса: 1) где тотальный **силлогенез**, детально обсуждавшийся нами на предыдущих страницах, 2) по какой причине не названы авторы стратиграфических колонок, ведь Государственная геологическая съемка всегда сопровождается **опубликованными** объяснительными записками, и тогда непонятно почему этих публикаций нет в обширном списке литературы? Заметим также, что по крайней мере две стратиграфические колонки (р. Камышта и р. Уйбат) «попали» на площадь листа N-46-XIX, геологическая съемка которого проведена коллективом геологов Томского госуниверситета (отв. исполнитель А. Д. Котельников). Внимательное ознакомление с колонками показало, что ни вещественное наполнение колонок, ни мощности отдельных частей разрезов не соответствуют не только нашим данным, полученным в результате площадных исследований ареала распространения вулканических и гипабиссальных образований тастрезенской и большесырской свит на трех листах м-ба 1:200 000, но

и материалам предшественников, занимавшихся составлением геологических карт первого поколения. Более того, утверждение о том, что «в районе р. Камышта... в нижней части разреза вскрывается серия покровов афировых базальтов, **фонотефритов** и андезибазальтов [4, с. 1286], а в районе р. Уйбат в вулканогенном разрезе «встречаются единичные покровы афировых стекловатых **фонотефритов** и щелочных **лейцитовых базальтов**» [4, с. 1287] требует разъяснений с нашей стороны. Действительно, в тастрезенской и большесырской существенно эффузивных свитах с вулканитами нормального и умереннощелочного петрохимических рядов встречаются единичные анализы, «падающие» на TAS-диаграмме в фонотефритовое и щелочно-базальтовое поля (4 анализа из 78 проанализированных нами базитов и андезибазитов вышеназванных свит). Петрографическое изучение пород с повышенной щелочностью показало, что это в разной степени **цеолитизированные** трахибазальты, причем вторичные цеолиты (главным образом натролит) в ассоциации с альбитом, эпидотом и пренитом развиваются по **плаггиоклазам**, реже эти вторичные минералы встречаются и в миндалинах. Кроме того, в окрестностях г. Сагархия нами встречена единичная дайка трахидолеритов с вторичным **анальцитом**. Все перечисленные минералы получили микрозондовую аттестацию на микроанализаторе Oxford INCA Energy-350 со сканирующим электронным микроскопом Tescan Vega II LMU (аналитик к. г.-м. н. О. В. Бухарова). Таким образом, утверждение, что фонотефриты в стекловатой основной массе содержат интерстициальный **нефелин** [4, с. 1292], требует дополнительного обоснования. Что касается «уйбатских» лейцитовых базальтов с **лейцитом** в основной массе, то это остается для нас загадкой, так как опубликованный в работе [4, табл. 1, с. 1295] анализ под номером 1/14 не только не содержит нормативный лейцит (по нормам CIPW), но и почти лишен нормативного нефелина (2,1 %), что не дает основания считать эту породу щелочной по формальным петрохимическим признакам. Уместно подчеркнуть, что неизмененный лейцит встречается лишь в молодых и современных лавах, а в древних магматитах он обычно замещен агрегативными скоплениями вторичных минералов, входящих в состав так называемых псевдо- и эпилейцитов [11, с. 204], поэтому возможность сохранения в раннедевонских образованиях Минусинского прогиба «свежего» лейцита, на наш взгляд, маловероятна. Следует также отметить, что все изученные нами вулканиты основного состава в районе р. Камышта и р. Уйбат относятся к калиево-натриевому петрохимическому типу щелочности и среди них нет ни одной породы даже с минимальным превышением абсолютных содержаний K_2O над Na_2O (в мас. %). Кстати, такая же картина наблюдается и в общей выборке химических составов базитов, помещенных в работе [4],



где лишь один анализ относится к калиевому типу щелочности [4, см. табл. 1, с. 1295]. Не исключено, что повышенное содержание K_2O (4,20 %) в «лейцитовом» базальте может иметь вторичное происхождение (калишпатизация?), или содержание K_2O указано вместо Na_2O и наоборот.

На основании гипотетических представлений авторов работы [4] о магматической природе щелочных пород междуречья Камышта – Уйбат ими был охвачен и помещен на схему геологического строения Минусинского прогиба изометричный (кольцевой) ареал щелочных пород диаметром до 30 км, общая площадь которого даже превосходит щелочной ареал р. Береш [4, рис. 2, с. 1287]. Рассматривая оба ареала – северный наиболее щелочной (нефелинит-тефрит-фонолитовый, р. Береш) и южный менее щелочной (фонотефритовый и лейцит-базальтовый, рр. Камышта – Уйбат) – с позиций распределения редких и редкоземельных элементов, авторы указанной публикации считают породы этих ареалов генетически родственными образованиями с общими мантийными «корнями» и, по существу, постулируют их взаимосвязь, которая якобы указывает на «геохимическую зональность магматизма в направлениях от центра прогиба к его северному и южному обрамлениям» [4, с. 1303], что может быть обусловлено «гетерогенностью мантии по латерали под Минусинским прогибом» [4, с. 1305].

Нам совершенно непонятно, какие могут быть взаимосвязи между породами, содержащими «глубинный» магматический нефелин (р. Береш), и «фонотефритами», а также «лейцитовыми» базальтами, щелочность которых с высокой долей вероятности может иметь вторичный (наведенный) характер. Кроме того, на наш взгляд, вряд ли корректно по результатам всего **трех** анализов [4, табл. 1, с. 1294–1295] выделять в контурах давно известной и хорошо изученной Минусинской щелочной петрографической провинции [11, с. 19] **новый, ранее неизвестный щелочно-базитовый ареал**, не обеспеченный убедительной фактологической аргументацией. Очевидно, что в данной ситуации необходимы дополнительные специализированные исследования с участием независимых экспертов для объективного решения этой петрологической проблемы.

В заключение отметим, что каждый исследователь имеет полное и неотъемлемое право высказывать свое субъективное мнение по любой геологической проблеме, а также создавать собственные теоретические концепции и гипотетические модели. Но при этом никто не должен предпринимать попыток навязывания своих представлений (в данном случае речь идет о гипотезе континентального силлогенеза) ни геологам-съемщикам [10], ни молодым практикантам, изучающим методы геологического картирования на учебном полигоне Новосибирского государственного университета в Хакасии по лекалам [1, 12] сторонников «силлового» сценария формирования

вулканитов основного состава Минусинского межгорного прогиба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Академическая** практика по «Структурной геологии и геологическому картированию»: учеб. пособие / В. В. Волков, Ч. Б. Борукаев, Н. А. Берзин и др. – Новосибирск: НГУ, 1981. – 79 с.

2. **Воронцов А. А., Федосеев Г. С.** Геохимические и Sr-Nd изотопные характеристики девонских базитов Копьевского и Новоселовского поднятий северной части Минусинского прогиба // Изв. ТПУ. – 2010. – Т. 317, № 1. – С. 92–97.

3. **Воронцов А. А., Федосеев Г. С.** Условия формирования девонских базальтоидов и долеритов Шира-Шунетского района Минусинского прогиба // Изв. ТПУ. – 2012. – Т. 320, № 1. – С. 71–76.

4. **Воронцов А. А., Федосеев Г. С., Андрющенко С. В.** Девонский вулканизм Минусинского прогиба Алтае-Саянской области: геологические, геохимические и изотопные Sr-Nd характеристики пород // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 9. – С. 1283–1313.

5. **Государственная** геологическая карта РФ масштаба 1:200 000 (изд. 2-е). Лист N-45-XXIV (Балыкса): объяснительная записка / А. Д. Котельников и др. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2013. – 262 с.

6. **Девонский** вулканизм Минусинской котловины: этапы проявления и связь с прогибанием континентальной литосферы (по результатам геохронологических $^{40}Ar/^{39}Ar$ -исследований) / А. А. Воронцов, Г. С. Федосеев, О. Ю. Перфилова и др. // Докл. РАН. – 2012. – Т. 447, № 3. – С. 308–313.

7. **Изотопно-геохимическая** зональность девонского магматизма Алтае-Саянской рифтовой области: состав и геодинамическая природа мантийных источников / А. А. Воронцов, В. В. Ярмолук, Г. С. Федосеев и др. // Петрология. – 2010. – Т. 18, № 6. – С. 621–634.

8. **Источники** девонского магматизма Минусинского прогиба (по геохимическим и изотопным Sr-Nd-характеристикам базитов) / А. А. Воронцов, Г. С. Федосеев, С. В. Андрющенко и др. // Докл. РАН. – 2011. – Т. 441, № 4. – С. 514–520.

9. **Краснов В. И., Ратанов Л. С.** Корреляция раннедевонских осадочно-туфогенных образований Минусинского прогиба // Стратиграфия и палеонтология Сибири. – Новосибирск: СНИИГГИМС, 2000. – С. 87–92.

10. **Краснов В. И., Федосеев Г. С.** Быскарская серия Минусинского межгорного прогиба: современная интерпретация (к совершенствованию Госгеолкарты-200 и -1000) // Стратиграфия и палеонтология Сибири. – Новосибирск: СНИИГГИМС, 2000. – С. 93–99.

11. **Магматические** горные породы. Щелочные породы. Т. 2 / Е. Д. Андреева, В. А. Кононова, Е. В. Свешникова и др. – М.: Наука, 1984. – 416 с.

12. **Путеводитель** к полевым экскурсиям по мафитовым силлам Ширинского учебного полигона



НГУ (Республика Хакасия, Россия) / сост. Г. С. Федосеев. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – 20 с.

13. **Региональная** стратиграфическая схема девонских образований восточной части Алтае-Саянской области / под ред. В. И. Краснова. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2012. – 52 с., табл. (23 л.).

14. **Федосеев Г. С.** Недифференцированные базитовые силлы: новый тип контактов и гипотеза континентального силлогенеза // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 3, т. 1. – Томск: ТГУ, 2002. – С. 156–161.

15. **Федосеев Г. С.** О масштабах базитового силлогенеза в северной части Алтае-Саянской складчатой области // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 2. – Томск: ЦНТИ, 2001. – С. 181–186.

16. **Федосеев Г. С.** О роли магматизма в эволюции континентальных палеобассейнов // Фундаментальные проблемы геологии и тектоники Северной Евразии. – Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2001. – С. 121–123.

17. **Федосеев Г. С.** Особенности базитового магматизма в континентальных осадочных бассейнах: силлообразование и силлогенез (на примере Минусинского прогиба) // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 8. – Томск: ЦНТИ, 2016. – С. 303–311.

18. **Федосеев Г. С.** Реологические процессы в контактовых зонах базитовых недифференцированных силлов // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 4. – Томск: ЦНТИ, 2004. – С. 83–87.

19. **Федосеев Г. С.** Роль литомиктитовых брекчий и конвергентных макротекстур при картировании «изотропных» силлов и лавовых палеопотоков // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы. Матер 2-го Всерос. петрогр. совещ. Т. I. – Сыктывкар, 2000. – С. 295–298.

20. **Федосеев Г. С.** Силлообразование и особенности рифтогенеза Северо-Минусинской впадины // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы. Матер 2-го Всерос. петрогр. совещ. Т. IV. – Сыктывкар, 2000. – С. 334–337.

21. **Федосеев Г. С., Краснов В. И., Ратанов Л. С.** Интрузивные комплексы в быскарской осадочно-вулканогенной серии Минусинского межгорного прогиба // Формационный анализ в геологических исследованиях: матер. науч.-практ. конф. – Томск: ТГУ, 2002. – С. 106–108.

22. **Шнейдер Е. А., Зубкус Б. П.** Стратиграфия нижне- и среднедевонских отложений Северо-Минусинской и Сыдо-Ербинской впадин // Материалы по геологии и полезным ископаемым Красноярского края. – Красноярск: Кн. изд-во, 1962. – С. 41–56.

REFERENCES

1. V. V. Volkov, Ch. B. Borukayev, N. A. Berzin et al. *Akademicheskaja praktika po «Strukturnoj geologii i geologicheskomu kartirovaniju»* [Academic practice on “Structural geology and geological mapping”]. Novosibirsk, University Publ., 1981. 79 p. (In Russ.).

2. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S. [Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of the Devonian basites of the Kopyevsky and Novoselovsky uplifts of the northern part of the Minusa trough]. *Izvestiya Tomskogo politekhn. un-ta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2010, vol. 317, no. 1, pp. 92–97. (In Russ.).

3. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S. [Conditions for the formation of Devonian basaltoids and dolerites of the Shira-Shunet region of the Minusa trough]. *Izvestiya Tomskogo politekhn. un-ta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2012, vol. 320, no. 1, pp. 71–76. (In Russ.).

4. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S., Andryutschenko S.V. Devonian volcanism in the Minusa trough of the Altai-Sayan area: geological, geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of rock. *Russian Geology and Geophysics*, 2013, vol. 54, no. 9, pp. 1001–1025.

5. Kotelnikov A.D., et al. *Gosudarstvennaja geologicheskaja karta RF masshtaba 1:200 000 (izdanie 2-e). List N-45-XXIV (Balyksa). Ob“jasnitel’naja zapiska.* [State geological map of the Russian Federation, scale 1: 200 000 (2nd edition). Sheet N-45-XXIV (Balyksa). Explanatory note]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2013 262 p. (In Russ.).

6. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S., Perfilova O. Yu., et al. [Devonian volcanism of the Minusa depression: stages of manifestation and connection with the downwarping of the continental lithosphere (according to the results of geochronological ⁴⁰Ar/³⁹Ar-studies)]. *Doklady RAN – Proceedings of RAS*, 2012, vol. 447, no. 3, pp. 308–313. (In Russ.).

7. Vorontsov A.A., Yarmolyuk V.V., Fedoseev G.S., et al. [Isotope-geochemical zoning of Devonian magmatism in the Altai-Sayan rift region: composition and geodynamic nature of mantle sources]. *Petrologiya – Petrology*, 2010, vol. 18, no. 6, pp. 621–634. (In Russ.).

8. Vorontsov A.A., Fedoseev G.S., Andryutschenko S.V., et al. [Sources of Devonian magmatism of the Minusa trough (based on the geochemical and isotope Sr-Nd characteristics of basites)]. *Doklady RAN – Proceedings of RAS*, 2011, vol. 441, no 4, pp. 514–520. (In Russ.).

9. Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Correlation of Early Devonian sedimentary-tuffaceous formations of the Minusa trough]. *Stratigrafija i paleontologija Sibiri* [Stratigraphy and paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2000, pp. 87–92. (In Russ.).

10. Krasnov V. I., Fedoseev G.S. [The Bykarian series of the Minusa intermountain trough: a modern interpretation (to the improvement of the State Geology Map-200 and -1000)]. *Stratigrafija i paleontologija Sibiri* [Stratigraphy and paleontology of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2000, pp. 93–99. (In Russ.).

11. Andreeva E.D., Kononova V.A., Sveshnikova E.V., et al. *Magmaticheskiye gornyye porody. Shchelochnyye porody. T. 2.* [Magmatic rocks. Alkaline rocks. Vol. 2]. – Moscow, Nauka Publ., 1984. 416 p. (In Russ.).



12. *Putevoditel' k polevym jekskursijam po mafitovym sillam Shirinskogo uchebnogo poligona NGU (Respublika Khakasija, Russia)*. [Guide to field excursions on mafic sills of Shirinsky training ground of NSU (Republic of Khakassia, Russia)]. Compiled by G.S. Fedoseev. Novosibirsk, University Publ., 2015. 20 p. (In Russ.).

13. Krasnov V.I., ed. *Regional'naja stratigraficheskaja shema devonskih obrazovanij vostochnoj chasti Altae-Sajanskoj oblasti* [The regional stratigraphic chart of the Devonian formations in the eastern part of the Altai-Sayan region]. Novosibirsk, SNIIGiMS Publ., 2012. 52 p., tabl. (23 sh.). (In Russ.).

14. Fedoseev G.S. [Undifferentiated basite sills: a new type of contacts and hypothesis of continental sillogensis]. *Petrologija magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov* [Petrology of igneous and metamorphic complexes]. Tomsk, University Publ., 2002, issue 3, vol. 1, pp. 156–161. (In Russ.).

15. Fedoseev G. S. [On the scales of basite sillogenesis in the northern part of the Altai-Sayan folded region]. *Petrologija magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov. Vyp. 2* [Petrology of igneous and metamorphic complexes. Issue 2]. Tomsk, TsNTI Publ., 2001, pp. 181–186. (In Russ.).

16. Fedoseev G.S. [On the role of magmatism in the evolution of continental paleobasins]. *Fundamental'nye problemy geologii i tektoniki Severnoj Evrazii* [Fundamental problems of geology and tectonics of Northern Eurasia]. Novosibirsk, Geo Publ., 2001, pp. 121–123. (In Russ.).

17. Fedoseev G.S. [Features of basite magmatism in continental sedimentary basins: sill formation and sillogenesis (on the example of the Minusa trough)]. *Petrologija magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov. Vyp. 8* [Petrology of igneous and metamorphic

complexes. Issue 8]. Tomsk, TsNTI Publ., 2016, pp. 303–311. (In Russ.).

18. Fedoseev G.S. [Rheological processes in the contact zones of the basite undifferentiated sills]. *Petrologija magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov. Vyp. 4* [Petrology of igneous and metamorphic complexes. Issue 4]. Tomsk, TsNTI Publ., 2004, pp. 83–87. (In Russ.).

19. Fedoseev G.S. [The role of lithomictic breccia and convergent macro-textures in mapping "isotropic" sills and lava paleostreams]. *Petrografija na rubezhe XXI veka: itogi i perspektivy. Mater. Vtorogo Vseros. Petrogr. soveshh. T. I.* [Petrography at the turn of the 21st century: results and prospects. Materials of the Second All-Russia Petrographic meeting. Vol. I]. Syktyvkar, 2000, pp. 295–298. (In Russ.).

20. Fedoseev G.S. [Sill formation and features of rifting of the Northern Minusa basin]. *Petrografija na rubezhe XXI veka: itogi i perspektivy. Mater. Vtorogo Vseros. Petrogr. soveshh. T. IV* [Petrography at the turn of the 21st century: results and prospects. Materials of the Second All-Russia Petrographic meeting. Vol. IV]. Syktyvkar, 2000, pp. 334–337. (In Russ.).

21. Fedoseev G.S., Krasnov V.I., Ratanov L.S. [Intrusive complexes in the Byskar sedimentary-volcanogenic series of the Minusa intermountain trough]. *Formacionnyj analiz v geologicheskikh issledovanijah* [Formational analysis in geological studies. Materials of scientific-practic conference]. Tomsk, State University Publ., 2002, pp. 106–108. (In Russ.).

22. Shneider E.A., Zubkus B.P. [Stratigraphy of the Lower and Middle Devonian deposits of the Northern-Minusa and Sydo-Erba basins]. *Mater. po geologii i poleznym iskopaemym Krasnojarskogo kraja* [Materials on geology and mineral resources of the Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk, 1962, pp. 41–56. (In Russ.).

© Н. А. Макаренко, А. Д. Котельников, 2018