

**СЕГМЕНТАРНОСТЬ ВЕНД-ОРДОВИКСКОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ
РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ УРАЛА ПО ДАННЫМ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ФОРМИРОВАВШИХСЯ В НЕЙ ВУЛКАНИТОВ**

И.В. Семенов

Благодаря исследованиям, начатым А.В. Пейве, С.Н. Ивановым с коллегами [Иванов С.Н. и др., 1974, 1980; Пейве, Иванов С.Н. и др, 1977] и продолженными их последователями, показано, что континентальный рифтогенез, начавшийся в Уральском регионе в рифее-венде, перманентно сменился океаническим спредингом в раннем палеозое. Исследователи расходятся в оценке длительности континентального рифтового процесса. По мнению одних он начался с рифея, по мнению других – с венда. Но боль-

шинство исследователей едино в том, что в венде уже происходило формирование Уральской субмеридиональной (в современных координатах) континентальной рифтовой структуры. Существует и альтернативная точка зрения, согласно которой в конце позднего протерозоя на Урале проявились кадомские складчато-орогенные процессы [Пучков, 2000]. Недостаток палеонтологических данных и хронометрических датировок пока не позволяет точно определить время начала океанического спрединга на Ура-

ле. Одни исследователи считают, что океанический спрединг начался на всем Урале одновременно в O_1-O_2 [Иванов К.С., 1998; Иванов К.С., Иванов С.Н., 2002], другие приводят доказательства разновременности раскрытия океанической структуры в разных частях Урала: на Полярном и Приполярном Урала – на границе O_2-O_3 ; на Северном и Среднем Урале – на границе $O_3-S_1l_1$; на Южном Урале – на границе S_1l-v ; в Северном Казахстане – на границе S_1-S_2ld [Семенов, 2000], что дает основание считать возрастной интервал V_1-O_3 , включая ранний силур в южной части Урала (порядка 250 млн лет), временем развития континентальной рифтовой структуры в Уральском регионе.

Согласно проведенным обобщениям, продукты венд-ордовикского континентального рифтового вулканизма развиты на огромной территории, простираясь от побережья Карского моря до Северного Казахстана. Они приурочены к выделенным (рис.1) Восточно-Европейской зоне деструкции континентальной коры, Харбейско - Шаимско - Мугуджарской зоне блоков дезинтегрированной рифтогенезом континентальной коры и Хантымансийск-Кустанайской зоне, состоящей из шарьированных фрагментов океанической и континентальной литосфер [Семенов, 2000; Атлас..., 2001].

На этой карте отмечено местонахождение конкретных вулканических комплексов континентальной рифтовой системы Урала, химические анализы пород которых использованы при написании настоящей статьи.

Вулканические образования сформированы на разных этапах венд-ордовикского континентального рифтогенеза. В интервале $V-\epsilon_1$ вулканизм проявился в условиях ареальной континентальной рифтовой системы, в ϵ_3-O_1 – полиосевой континентальной рифтовой системы, в O_1-O_3 – моноосевого континентального рифта [Семенов, Иванов К.П., 1992; Семенов, 2000; 2002]. Характернейшей особенностью рассматриваемого вулканизма является его развитие в результате деструкции континентальной коры под воздействием растягивающих напряжений, грабенообразования и интенсивного размыва пород континентальной коры. Поэтому повсеместно продукты вулканизма пространственно ассоциируют с разнообразными терригенно-осадочными породами – углисто-кремнистыми алевритами, аркозовыми, кварцевыми и полимиктовыми песчаниками, гравелитами и конгломератами, известняками и т.д.

Вулканические образования, сформировавшиеся на разных этапах континентального рифтогенеза (в возрастном интервале порядка 250 млн лет), обладают значительными вариациями в химическом составе и степени дифференцированности пород. Мафические и ультрамафические породы в разной степени недосыщены кремнеземом. Среди средних и салических пород степень недосыщенности варьирует в широких пределах. Наибольшим распространением в Восточно-Европейской зоне деструкции пользуются недифференцированные базальтовые и трахибазальт-трахириолитовые комплексы, меньшим, в отдельных районах измеримым – трахибазальт-трахиандезит-трахириолитовые и трахибазальт-трахитовые, подчиненным – субщелочные риолит-базальтовые и трахириолитовые комплексы. Однотипные по химическому составу и степени дифференцированности вулканические комплексы развиты практически на всем протяжении континентальной рифтовой системы. На завершающем этапе континентального рифтогенеза практически вдоль всей окраины Восточно-Европейской платформы получили развитие субщелочные базальтовые комплексы с локальным развитием салических составляющих.

Продукты вулканизма, возникшие на разных этапах, а также в различных частях континентальной рифтогенной структуры, обладают значительными вариациями в химическом составе и степени дифференцированности вулкаников. Анализирован обширный и представительный материал по химическому составу вулкаников, предоставленный автору К.П. Ивановым, Ю.С. Каретиным, В.А. Коротеевым, М.А. Касымовым, М.Л. Ключиной, В.А. Нефедовым, Н.А.Румянцевой, И.Б. Серавкиным и другими при составлении им Палеовулканологической карты Урала (и объяснительной записки к ней) масштаба 1:5 000 000 (срез: венд-ранний силур) – составной части Атласа палеовулканологических карт Северо-Восточной Евразии масштаба 1:5 000 000 [Атлас..., 2001]. Используются также многочисленные химические анализы вулкаников из опубликованных работ [Алексеев, 1985; Бочкарев, Язева, 2000; Гауэр, 1978; Геологическое развитие..., 1981; Голдин и др., 1999; Душин, 1997; Зильберман и др. 1980; Ключина, 1983; Кориневский, 1975, 1980; Магматические... 1983; Нефедов, 1985; Румянцева, 1967, 1980; Серавкин, 1986; Старков, 1980; Фишман и др., 1986; Фролова, Бурикова, 1977;

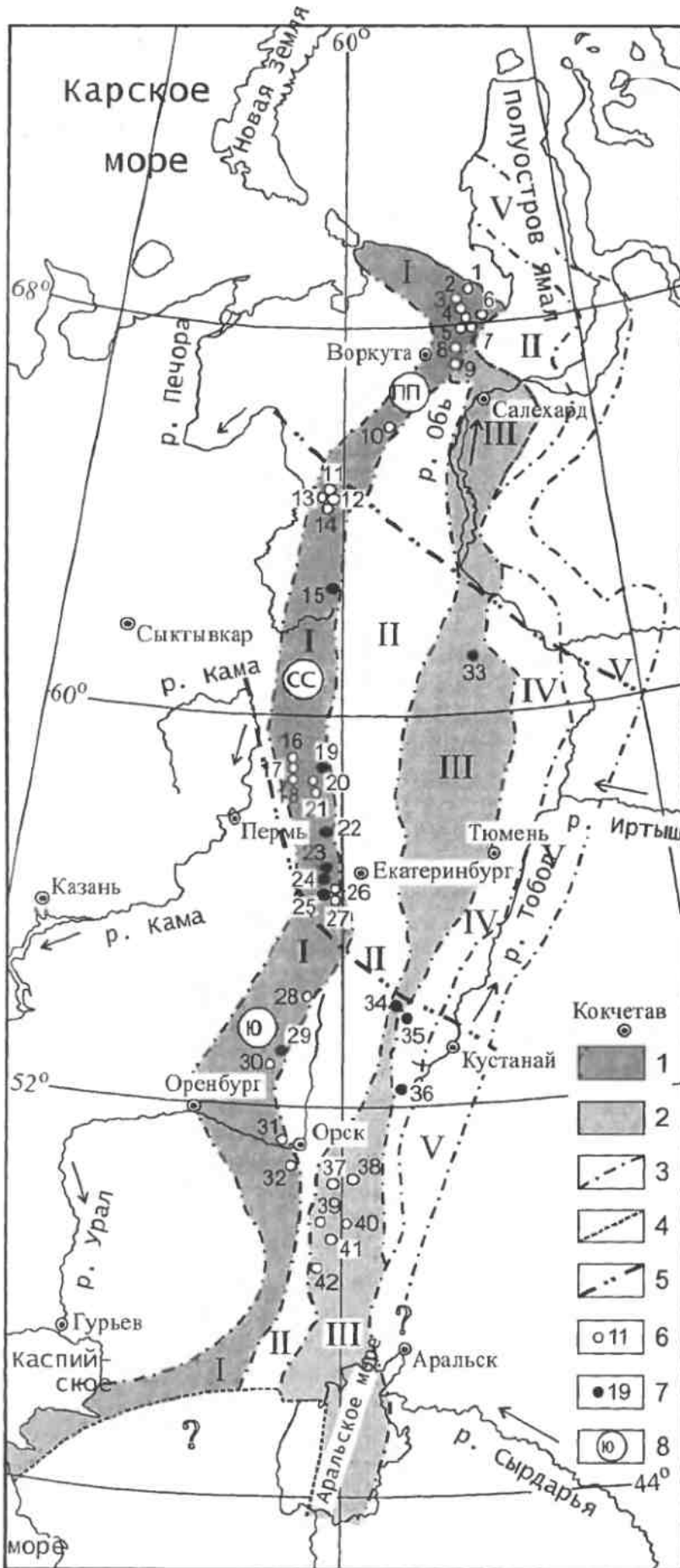


Рис. 1. Размещение вулканогенных комплексов континентальной рифтовой стадии развития Урала.

1 – вещественные комплексы Восточно-Европейской зоны деструкции континентальной коры; 2 – вещественные комплексы Харбейско-Шаимско-Мугоджарской зоны блоков дезинтегрированной рифтогенезом континентальной коры; 3 – границы различных структурно-тектонических зон; 4 – граница плато Усть-Юрт; 5 – линейamentные структуры северо-западного простирания, разделяющие литосферные блоки континентальной рифтовой структуры Урала; 6 – вулканические комплексы ареальной и полиосевой континентальных рифтовых систем и места их современного развития; 7 – вулканические комплексы моноосевого континентального рифта (завершающего этапа континентального рифтогенеза) и места их современного развития; 8 – литосферные блоки континентальной рифтовой структуры: ПП – Полярно-Приполярно-Уральский; СС – Северо-Средне-Уральский; Ю – Южно-Уральский.

Вулканические комплексы континентальной стадии рифтогенеза Урала: 1 – толотинский, 2 – няргальский, 3 – лядгейский, 4 – очетывиский, 5 – хойдышорский, 6 – лекын-гальбейский, 7 – арканьрдский, тизнезагорский, 8 – манитаньрдский, 9 – пайпудынский, 10 – кокпельский, погурейский, 11 – седьюский, 12 – лорцемпейский, 13 – лаптопайский, 14 – саблегорский, 15 – польинский, 16 – дворецкий, 17 – шпалолрезовский, 18 – троицкий, 19 – пальничнинский, 20 – вильвенский, 21 – колпаковский, 22 – выйский, 23 – ниже-сергинский, 24 – усть-указарский, 25 – нязинский, 26 – шайтанский, 27 – коноваловский, 28, 30 – аршинский, 29 – миндякско-бурангуловский, 31 – куагачский, 32 – лушниковский, чаушский, 33 – шаимско-красноленин-

ский, 34 – троцкий, 35 – зауральский, 36 – денисовский, 38, 39 – тойманский, 37, 40, 41, 42 – шебектинский.

Структурно-тектонические зоны: I – Восточно-Европейская зона деструкции континентальной коры, II – Уральская палеоокеаническая зона с «впянутыми» в нее микроконтинентами; III – Харбейско-Шаимско-Мугоджарская зона блоков дезинтегрированной континентальным рифтогенезом континентальной коры; IV – Хантымансийско-Кустанайская зона, состоящая из шарьированных фрагментов океанической и континентальной литосферы, V – Кокчетав-Западно-Сибирская зона деструкции континентальной коры

Шмидт, 1975 и др.]. В общей сложности при обобщении использовано почти 2500 химических анализов вулканитов, в том числе, вулканитов ультраосновного состава (пикритов, лимбургитов, базанитов и других) – 58; основного состава (пикрито-базальтов, трахибазальтов, базальтов) – 1581; среднего состава (андезитов, трахиандезитов, дацитов) – 256; кислого состава (риолитов, трахириолитов) – 519; трахитов – 21.

На современном уровне изученности и обеспеченности аналитическим материалом, по простиранию зоны деструкции можно выделить, по крайней мере три, блока-сегмента, разделенных северо-западными линейными структурами: Полярно-Приполярно-Уральский (ППУ), Северо-Средне-Уральский (ССУ), Южно-Уральский ЮУ). В каждом из них химический состав вулканитов обладает специфической химической составом и его дифференцированности. Сегментарность рассмотрена для четырех возрастных срезов, согласно принятой этапности развития рассматриваемой континентальной рифтовой системы: V_1 , V_2 - ϵ_1 , ϵ_3 - O_1 , O_1 - O_3 . При анализе материала по конкретным вулканическим комплексам возникли два вида трудностей. Первая заключалась в том, что разные исследователи дают разные возрастные датировки одних и тех же вулканогенных комплексов. Мною все авторские датировки этих комплексов приведены в соответствие с последними стратиграфическими схемами Урала [Стратиграфические схемы..., 1993]. Вторая состояла в том, что разные исследователи разновозрастные базальтовые и салические комплексы относят либо к самостоятельным, либо к бимодальным формациям. Поэтому мною для различных срезов, применительно к каждому сегменту рифтовой структуры, использованы петрохимические серии, включающие однородные, бимодальные и непрерывно-дифференцированные вулканические комплексы.

В качестве примера для сравнения использованы зависимости щелочности и желе-

зистости вулканитов от их кремнеземистости, Полученные результаты приведены на сводных петрохимических диаграммах (рис. 2-5). Рассмотрим вначале первый тип зависимостей (рис. 2, 3). **В раннем венде** (рис. 2) поля вариаций общей щелочности и относительной калиевоности пород в ППУ и ССУ сегментах практически изолированы и имеют различно ориентированные тренды. В ЮУ сегменте не известны ранневендские вулканические образования, кроме базальтов аршинской свиты. **В позднем венде-раннем кембрии** поля вариаций общей щелочности и относительной калиевоности вулканитов практически идентичны в ППУ и ЮУ сегментах и резко отличны в ССУ сегменте. **В верхнем кембрии-нижнем ордовике** поля вариаций общей щелочности пород близки в ППУ и ЮУ сегментах, но отличны от такового в ССУ сегменте. Изменение относительной калиевоности пород в зависимости от содержания кремнезема различны во всех трех сегментах. При близости по этому показателю трендов для базальтов во всех сегментах, салические породы ППУ сегмента являются существенно более калиевыми. **В нижнем-верхнем ордовике** породы всех трех сегментов имеют близкие тренды изменения общей щелочности при возрастании содержания SiO_2 , но все породы ССУ сегмента являются относительно менее калиевыми. Таким образом, приведенные на диаграммах тренды для петрохимических серий вулканитов ППУ, ССУ и ЮУ сегментов континентальной рифтовой структуры свидетельствуют о существенных различиях в общей щелочности и относительной калиевоности однотипных пород. Но при этом однотипные породы ППУ и ЮУ сегментов близки между собой. Наибольшие различия характерны для возрастного интервала ϵ_3 - O_1 – времени заложения и развития полиосевой континентальной рифтовой системы, наименьшие свойственны для возрастного интервала O_1 - O_3 – времени функционирования моноосевого континентального рифта.

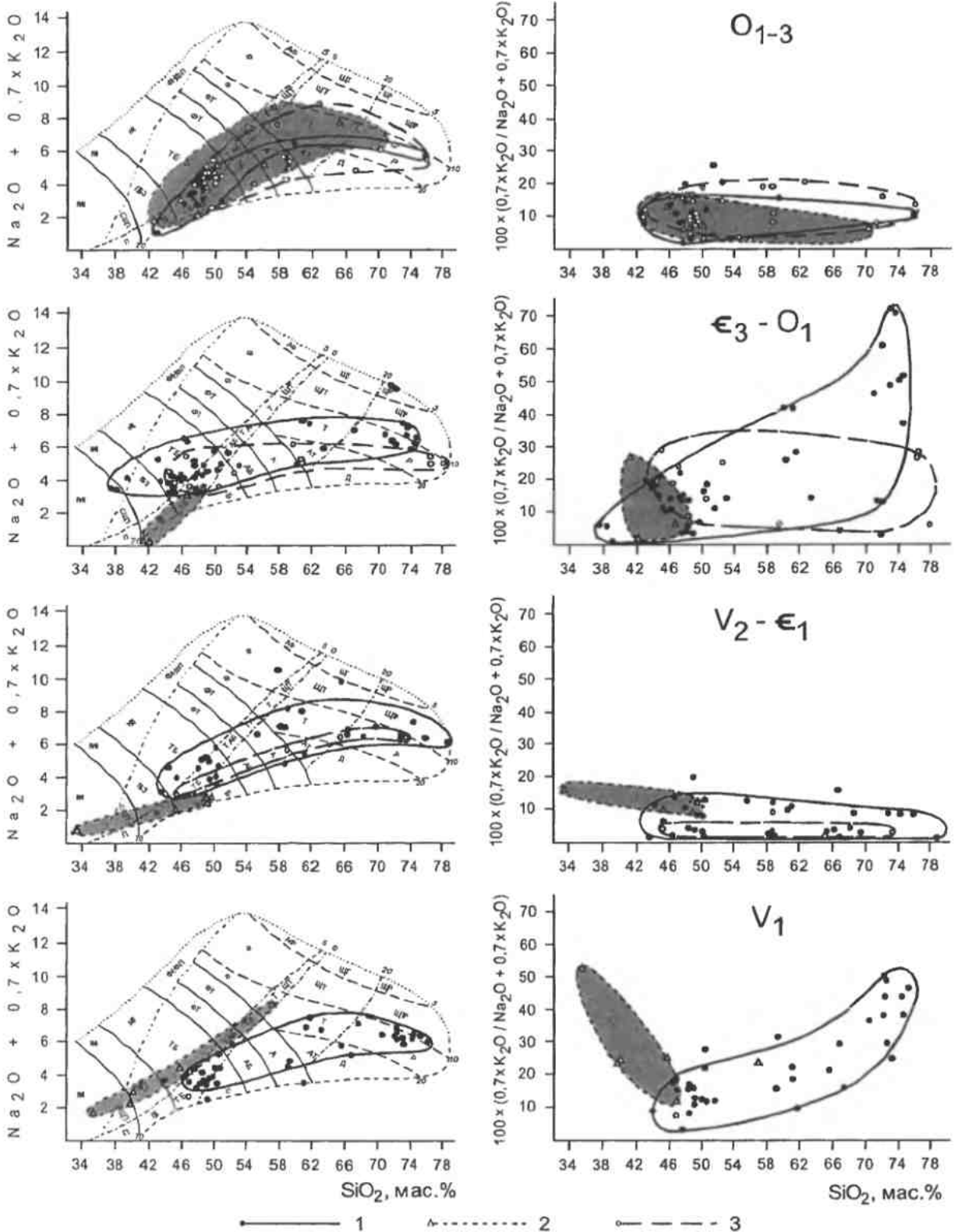
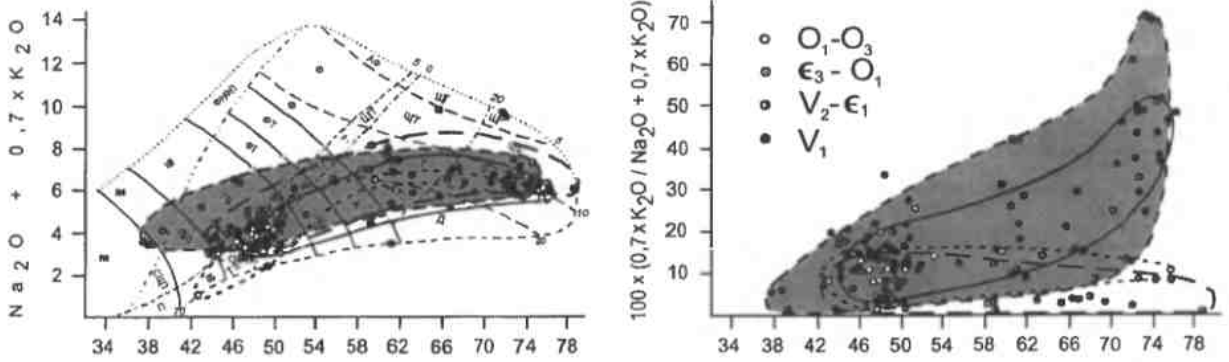


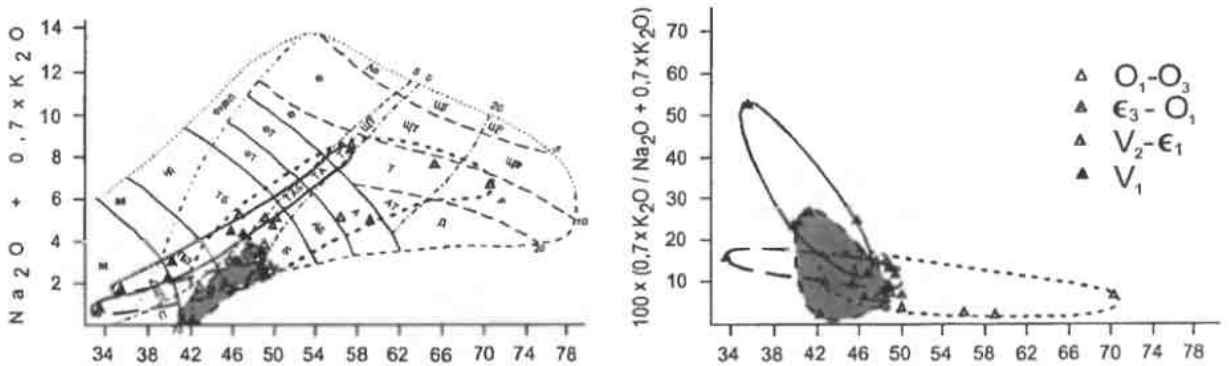
Рис. 2. Диаграммы $\text{SiO}_2 - 0,7\text{xK}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ и $\text{SiO}_2 - 100\text{x}(0,7\text{xK}_2\text{O} / 0,7\text{xK}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ для сравнения пород вулканических серий различных сегментов континентального рифта на разных возрастных срезах.

1 – вулканыты Полярно-Приполярно-Уральского сегмента и ареалы вариаций петрохимических параметров; 2 – то же, Северо-Средне-Уральского сегмента (залитые поля); 3 – то же, Южно-Уральского сегмента. Классификационная петрохимическая диаграмма эффузивов – по [Румянцева, 1977]. Фигуративные точки на диаграммах отвечают средним составам типов пород конкретных вулканических комплексов.

ПОЛЯРНЫЙ И ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ



СЕВЕРНЫЙ И СРЕДНИЙ УРАЛ



ЮЖНЫЙ УРАЛ

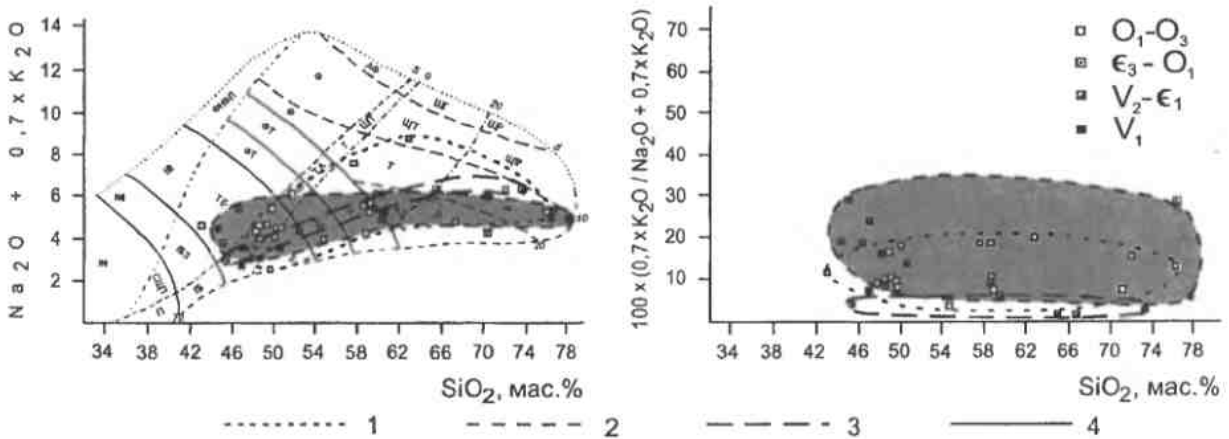


Рис. 3. Диаграммы $\text{SiO}_2 - 0,7\text{xK}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ и $\text{SiO}_2 - 100\text{x}(0,7\text{xK}_2\text{O} / 0,7\text{xK}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ для сравнения пород вулканических серий различных возрастных срезов в разных сегментах континентального рифта.

1 – породы вулканических серий возраста $\text{O}_1 - \text{O}_3$ и ареалы вариаций петрохимических параметров; 2 – то же, $\text{E}_3 - \text{O}_1$ (залитые поля); 3 – то же, возраста $\text{V}_2 - \text{E}_1$; 4 – то же, возраста V_1 . Классификационная петрохимическая диаграмма эффузивов – по [Румянцева, 1977]. Фигуративные точки на диаграммах отвечают средним составам типов пород конкретных вулканических комплексов.

Представилось целесообразным выяснить, не носит ли установленная петрохимическая сегментарность унаследованный характер в каждом сегменте на всем возрастном интервале от венда до ордовика. Результаты проведенных исследований представлены на рис. 3. Из диаграмм следует, что в ППУ сегменте суммарная щелочность вулканитов оставалась близкой с тенденцией к слабому возрастанию в средних и салических породах. Иная картина на диаграмме "относительная калиево-кремнеземистость пород". В возрастных интервалах V_1 и ϵ_3-O_1 отчетливо резкое возрастание относи-

тельной калиевоности средних и, особенно, салических пород. При этом формирование наиболее относительно калиевых пород приурочено к возрастному интервалу ϵ_3-O_1 – заложению и развитию полиосевой рифтовой системы. На возрастных интервалах $V_2-\epsilon_1$ и O_1-O_3 относительная калиевоность всех пород была близкой.

В ССУ сегменте наблюдается достаточно резкое возрастание общей калиевоности (в отличие от ППУ сегмента) от базальтов к салическим породам на срезах V_1 и O_1-O_3 . Для двух других возрастных срезов отсутствуют данные о составах средних и салических пород. Одна-

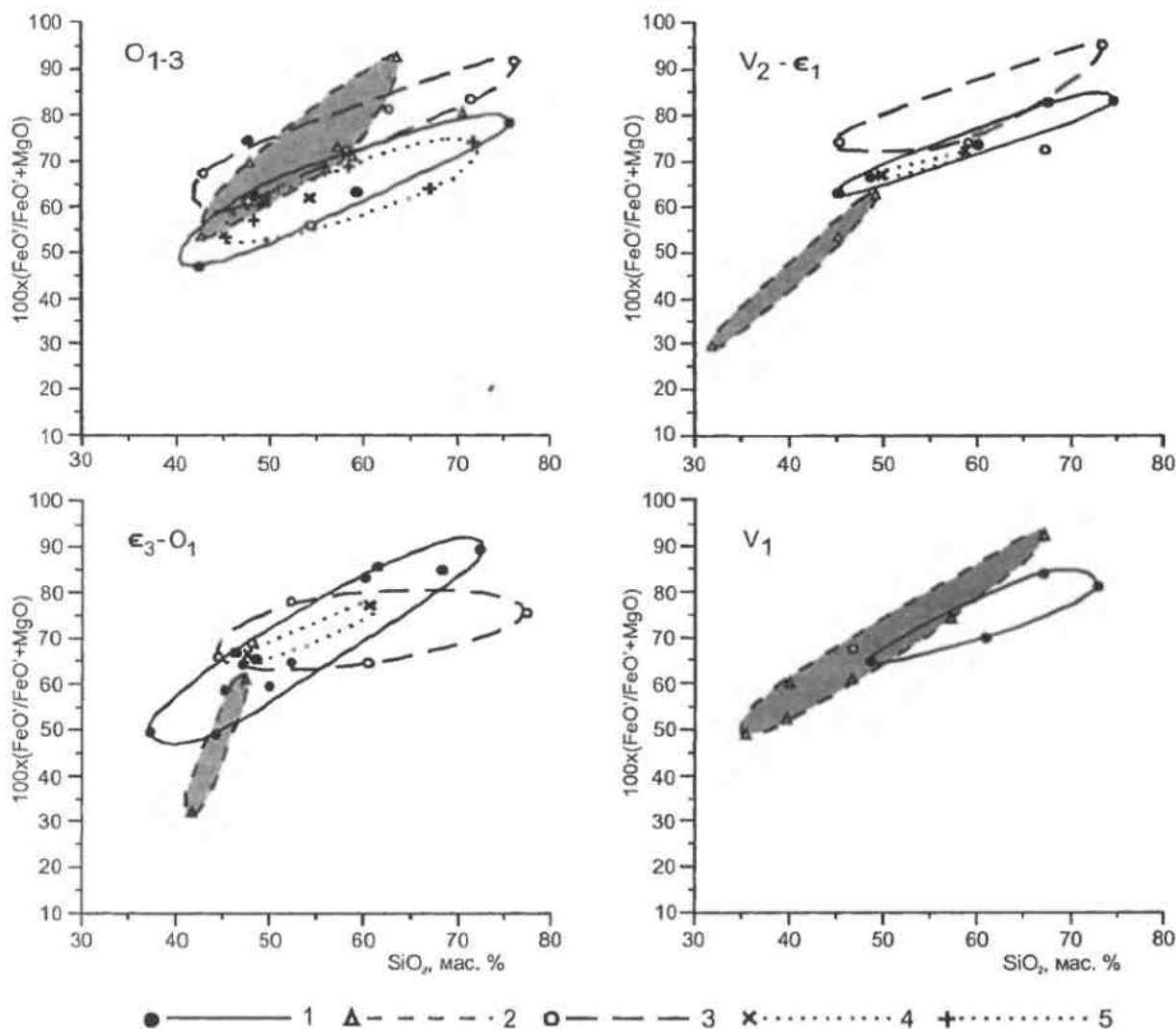


Рис. 4. Диаграммы $SiO_2 - 100x(0,9xFe_2O_3+FeO/0,9xFe_2O_3+FeO +MgO)$ для сравнения пород вулканических серий различных сегментов континентального рифта на разных возрастных срезах.

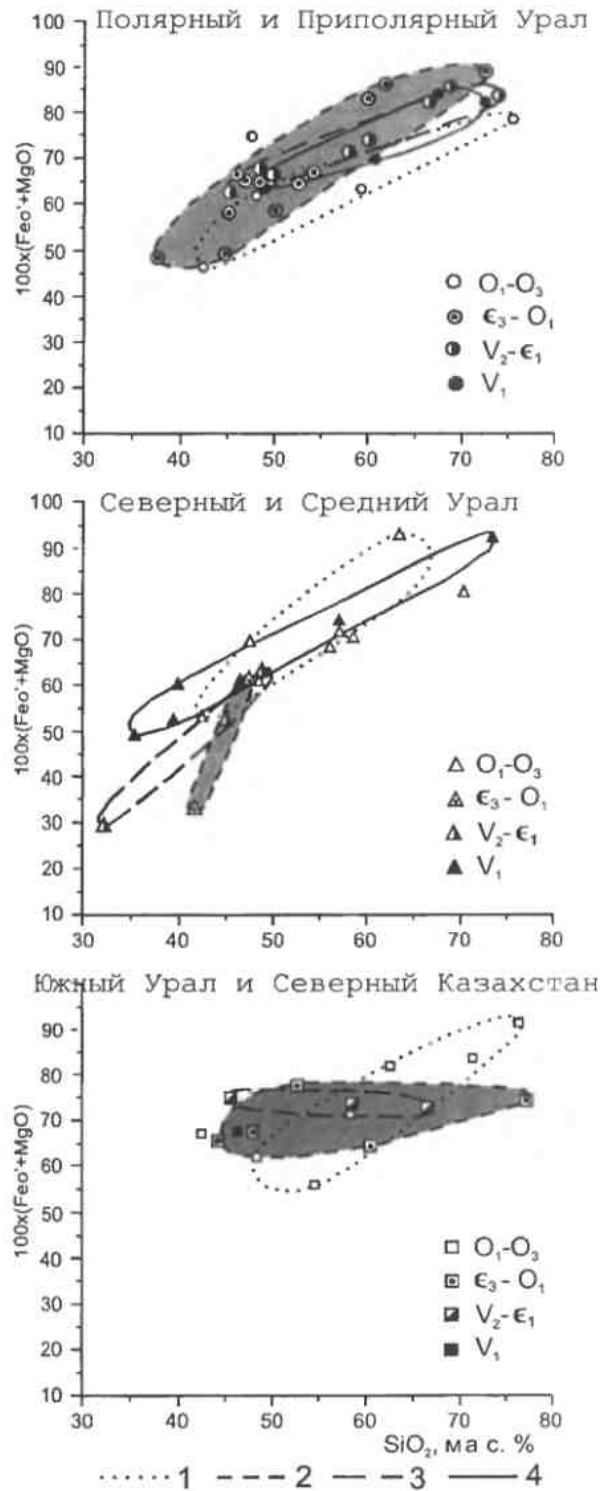
1 – вулканиты Полярно-Приполярно-Уральского сегмента и ареалы вариаций петрохимических параметров; 2 – то же, Северно-Средне-Уральского сегмента (залитые поля); 3 – то же, Южно-Уральского сегмента; 4 – вулканиты Харбейско-Шаимско-Мугоджарской зоны; 5 – то же Хантымансийско-Кустанайской зоны. Фигуративные точки на диаграммах отвечают средним составам типов вулканических пород различных сегментов континентальной рифтовой структуры.

Рис. 5. Диаграммы $\text{SiO}_2 - 100x(\text{FeO} + \text{MgO})$ для сравнения пород вулканических серий различных возрастных срезов в разных сегментах континентального рифта.

1 – породы вулканических серий возраста $O_1 - O_3$ и ареалы вариаций петрохимических параметров; 2 – то же, $\epsilon_3 - O_1$ (залитые поля); 3 – то же, возраста $V_2 - \epsilon_1$; 4 – то же, возраста V_1 . Фигуративные точки на диаграммах отвечают средним составам типов вулканических пород различных сегментов континентальной рифтовой структуры.

ко для базальтов всех четырех возрастных срезов отчетливо выражено быстрое возрастание общей щелочности с возрастанием содержаний SiO_2 . Относительная калиевоность убывает по мере возрастания в них кремнезема. Имеющиеся аналитические данные по породам непрерывной серии в возрастном интервале $O_1 - O_3$ обнаруживают ту же тенденцию уменьшения относительной калиевоности от базальтов к риолитам. В ЮУ сегменте на срезах $V_2 - \epsilon_1$ и $O_1 - O_3$ наблюдается слабое возрастание общей щелочности от базальтов к салическим породам (аналогично таковому в ППУ сегменте). В $O_3 - O_1$ породы от базальтов к риолитам имеют близкую общую щелочность. Относительная калиевоность пород от базальтов до салических членов на каждом из четырех возрастных срезов остается практически неизменной, но несколько возрастает в двух молодых срезах. Таким образом, унаследованность суммарной щелочности и относительной калиевоности вулканических пород достаточно надежно прослеживается в ССУ и ЮУ сегментах, а суммарной щелочности – в породах ППУ сегмента.

Не менее информативными оказались и диаграммы зависимости железистости от кремнеземистости вулканических пород применительно к каждому сегменту для каждого из четырех возрастных срезов (рис. 4, 5). Петрохимические тренды в ССУ сегменте совершенно отчетливо отличаются от таковых в ППУ и ЮУ сегментах (рис. 4). В ППУ и ЮУ сегментах они близки, но породы вулканических серий ЮУ сегмента, по сравнению с ППУ, существенно отличаются большей железистостью. Наибольшие различия между вулканическими сериями различных сегментов характерны для возрастного интервала $\epsilon_3 - O_1$ – времени заложения и развития полиосевой континентальной рифтовой системы. На-



блюдаются и элементы унаследованности химических составов вулканических серий в каждом сегменте на разных возрастных срезах (рис. 5). Это наиболее характерно для ППУ сегмента. Для ССУ сегмента она нарушается опять же для возрастного интервала $\epsilon_3 - O_1$, а для ЮУ сегмента – для возрастного интервала $O_1 - O_3$ – времени функционирования моноосевого континентального рифта.

Таким образом, Полярно-Приполярно-Уральский, Северо-Средне-Уральский и Южно-Уральский сегменты существенно различаются по химическому составу развитых в них вулканитов. По некоторым петрохимическим параметрам на ряде возрастных срезов самый северный и самый южный сегменты обнаруживают черты сходства. Северо-Средне-Уральский фрагмент существенно отличается по химическому составу вулканитов от двух остальных практически на всех возрастных срезах. Наибольшее сходство в химических составах вулканитов всех трех сегментов наблюдается на возрастном срезе O_1-O_3 – времени функционирования моноосевого континентального рифта, непосредственно предшествовавшего раскрытию океанической спрединговой структуры. С другой стороны, в каждом сегменте наблюдается унаследованность в химических составах вулканитов и в трендах дифференциации пород вулканических серий на большинстве возрастных срезов. Эта унаследованность в каждом сегменте резко нарушается в возрастном интервале ϵ_3-O_1 – времени заложения и развития полиосевой континентальной рифтовой системы.

Представляется, что различия между сегментами по химическому составу развитых в них вулканитов, а также унаследованность в химическом составе пород в каждом сегменте, обусловлены спецификой тектоно-магматических процессов рифтогенеза в каждом сегменте: определенной автономностью их развития; возможно, различным возрастом; разным уровнем и глубиной магмогенерации; различной мощностью континентальной коры; разной степенью ее воздействия на первичные магматические расплавы.

Список литературы

- Алексеев А.А.* Палеовулканизм и эволюция геотектонических условий в доордовикской истории Урала // Палеовулканогеологические карты и металлогеническая специализация древнего вулканизма Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. С. 26-32.
- Атлас* палеовулканогеологических карт Северо-Восточной Евразии (территория России и других стран СНГ). Масштаб 1:5 000 000. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. 89 с. (МПР России, ВСЕГЕИ).
- Бочкарев В.В., Язева Р.Г.* Субщелочной магматизм Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 256 с.
- Гауэр К.Е.* Особенности тектонического строения докембрийских и нижнепалеозойских отложений Троицкого района // Тр. ИГГ. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. Вып. 135. С. 53-62.
- Геологическое развитие* и металлогения Урала / К.К. Золотов, М.С. Рапопорт, Б.А. Попов и др. М.: Недра, 1981. 256 с.
- Голдин Б.А., Калинин Е.П., Пучков В.Н.* Магматические формации западного склона севера Урала и их минералогия. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1999. 214 с.
- Душин В.А.* Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Наука, 1997. 213 с.
- Зильберман А.М., Чернышова Е.М., Кичигин Ю.Н.* Новые проявления щелочно-ультраосновного вулканизма на западном склоне Среднего Урала // Доордовикская история Урала. Т. 3. Вулканизм. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 30-46.
- Иванов К.С.* Основные черты геологической истории (1,6-0,2 млрд. лет) и истории Урала. Дисс. ... докт. геол.-мин. наук в форме научного доклада. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 253 с.
- Иванов К.С., Иванов С.П.* Рифтогенез на Урале // Рифты литосферы: эволюция, тектоника, магматические, метаморфические и осадочные комплексы, полезные ископаемые: Тезисы докладов Международной научной конференции (VIII чтения А.Н. Заварицкого). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 15-18.
- Иванов С.Н., Перфильев А.С., Нечехин В.М. и др.* Палеозойская история Урала // Магматизм, метаморфизм и рудообразование в геологической истории Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. С. 13-38.
- Иванов С.Н.* О доордовикской истории Урала и предгеосинклинальном развитии земной коры вообще // Доордовикская история Урала. Т. 1. Общие вопросы. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 3-27.
- Клюжина М.Л.* Осадочные комплексы палеозоя Урала и их связь с вулканизмом // Раннегеосинклинальный вулканизм и металлогения Урала. Вулканизм докембрия некоторых регионов СССР. Ч. 2. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. С. 122-124.
- Кориневский В.Г.* Нижнеордовикский вулканогенный комплекс на юге западного склона Урала // Вопросы петрологии вулканитов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1975. С. 47-57.
- Кориневский В.Г.* Новые данные по стратиграфии и вулканизму позднего ордовика Южного Урала // Доордовикская история Урала. Т. 2. Стратиграфия. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 54-59.
- Магматические комплексы Казахстана:* Уральская и Зайсанская складчатые системы. Алмата: Наука, 1983. 220 с.
- Нефедов В.А.* Палеозойские вулканогенные формации Западной Сибири и северной части Урала // Палеовулканогеологические карты и металлогеническая специализация древнего вулканизма Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. С. 76-82.

Пейве А.В., Иванов С.Н., Нечеухин В.М. и др. Тектоника Урала. Объяснительная записка к тектонической карте Урала масштаба 1:1000000. М.: Наука, 1977. 120 с.

Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.

Румянцева Н.А. Формация щелочных базальтоидов западного склона Урала //Щелочные вулканические формации складчатых областей. Л.: Недра, 1967. С. 132-276.

Румянцева Н.А. О классификации эффузивных пород //Записки ВМО. 1977. № 1. С.53-61.

Румянцева Н.А. Щелочной вулканизм западного склона Урала //Доордовикская история Урала. Т. 3. Вулканизм. Свердловск: УНЦ АН ССР, 1980. С. 3-29.

Семенов И.В., Иванов К.П. Стадии и этапы развития рифтовой системы Урала в венде-раннем палеозое и корреляция сформировавшихся вулканических комплексов //Ежегодник-1991 ИГГ. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. С. 26-30.

Семенов И.В. Палеоокеанический срединговый вулканизм Урала и реконструкция параметров уральского палеозойского океана. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2000. 362 с.

Семенов И.В. Петрохимическая сегментарность вулканизма континентальной рифтовой системы восточной окраины Восточно-Европейской платформы //Рифты литосферы: эволюция, тектоника,

магматические, метаморфические и осадочные комплексы, полезные ископаемые: Тезисы докладов Международной научной конференции (VIII чтения А.Н. Заварицкого). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 206-210.

Серавкин И.Б. Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.

Старков Н.П. Рифей-палеозойские магматические формации западного склона Среднего и Северного Урала //Доордовикская история Урала. Т. 5. Доордовикский вулканизм. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 31-61.

Стратиграфические схемы Урала (Докембрий, палеозой) //Межвед. Стратигр. Комитет России. Екатеринбург. 1993. 151 схема. Объяснительная записка. 152 с.

Фишман М.В., Охотников В.Н., Алексеев А.А. и др. Корреляция магматических комплексов западного склона Урала //Корреляция и картирование магматических и метаморфических комплексов Урала. Свердловск: УНЦ АН ССР, 1986. С. 90-92.

Фролова Т.И., Бурикова И.А. Геосинклинальный вулканизм (на примере восточного склона Южного Урала). М.: Изд-во МГУ, 1977. 279 с.

Шмидт О.И. Ордовикский вулканизм на западном склоне Полярного Урала и его соотношение с палеозойским вулканизмом Зилаирского и Магнитогорского синклиналиев //Силуро-девонский вулканизм Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1975. С. 138-145.