

На правах рукописи



ФУРИНА Мария Александровна

**СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МАССИВОВ
ТРИАСОВЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОИДОВ
МАЛОЧЕКИНСКОГО КОМПЛЕКСА
(ВОСТОЧНО-МАГНИТОГОРСКАЯ ЗОНА, ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

Специальность 25.00.01 – Общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва
2010

Работа выполнена на кафедре региональной геологии и истории Земли геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель:

Доктор геолого-минералогических наук
Тевелев Александр Веняминнович

Официальные оппоненты:

Доктор геолого-минералогических наук
Кузнецов Николай Борисович
Кандидат геолого-минералогических наук
Сурип Тимофей Николаевич

Ведущая организация:

**Институт геологии Уфимского научного центра
Уральского отделения РАН**

Защита состоится **26 ноября 2010 г. в 14 час. 30 мин.** на заседании диссертационного совета Д 501.001.39 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, аудитория 415.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке геологического факультета МГУ (главное здание, корпус А, 6 этаж).

Автореферат разослан 25 октября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 501.001.39
доктор геол.-мин. наук, профессор



А.Г. Рябухин

2010А
23167

Общая характеристика работы

Актуальность исследований. Палеозойский магматизм Магнитогорской мегазоны Южного Урала был хорошо изучен уже к концу прошлого века во многом из-за того, что с ним связаны главные медно-колчеданные, колчеданно-полиметаллические, золоторудные и др. месторождения. Наименее изученными оказались щелочные магматические породы, выделенные в малочекинский плутонический комплекс. Петрохимическая характеристика пород была относительно полной, однако практически не было современной геохимии, минералогическая характеристика существовала только в самых общих чертах (Червяковский, 1981, 1982). Был неясен и их возраст, т.к. существовали только К-Аг данные, дающие большой разброс значений (Степанов, 1982 г.). Все эти проблемы встали особенно остро в 2004 году, когда геологическим факультетом МГУ были начаты работы по подготовке второго издания Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000 (лист N-40-XXXVI). Актуальность данной работы состояла в необходимости оперативного решения указанных проблем и определении перспектив района на редкоземельное оруденение.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы было выяснение геологического строения и условий формирования массивов щелочных гранитоидов Восточно-Магнитогорской зоны, а так же их геохимической специализации. Для достижения поставленной цели потребовалось решить целый ряд конкретных задач, главными из которых являлись: 1) изучение особенностей геологического строения массивов щелочных гранитоидов, 2) изучение петрографии всех разновидностей щелочных пород, 3) получение и интерпретация геохимических данных, 4) изучение минералогии плутоидов; 5) определение изотопных характеристик и возраста щелочных пород; 6) выяснение геодинамических и локальных тектонических условий формирования интрузивов.

Фактический материал. Основу диссертации составляет фактический материал, полученный автором в период с 2005 по 2009 год в процессе полевых и камеральных исследований, проводившихся Уральской геологической партией геологического факультета МГУ на Южном Урале (руководитель Ал.В. Тевелев), в которых автору посчастливилось участвовать. Эти работы завершились составлением комплекта Гостеолкарты-200 листа N-40-XXXVI, который был успешно защищен на НРС МПР при ВСЕГЕИ. В работе использованы описания около 250 шлифов, результаты

более 200 анализов (в том числе 82 авторских) на петрогенные, а также 72 анализов на редкие, рассеянные и редкоземельные элементы, результаты измерений магнитной восприимчивости (100 образцов), более 50 точечных замеров состава минералов на микрозонде.

Научная новизна. В результате исследований впервые установлен среднетриасовый возраст щелочных гранитоидов Восточно-Магнитогорской зоны Южного Урала. Создана наиболее полная на данный момент геохимическая база данных, впервые детально изучен минералогический состав щелочных пород. Кроме того, впервые определена поперечная геохимическая зональность в распределении щелочных гранитоидов, а также выявлена связь с зонами присдвигового растяжения.

Практическое значение. Результаты настоящей работы были сформулированы в качестве предложений по уточнению Легенды Южноуральской серии листов Госгеолкарты-200 (второе издание), которые были утверждены НРС МПР при ВСЕГЕИ. Полученные данные могут быть использованы при проведении региональных и специализированных работ, кроме того, их необходимо учитывать при разработке палеогеодинамических реконструкций для триаса. Со щелочными гранитоидами связаны проявления редкоземельной минерализации, проведенные работы позволили уточнить перспективы района на редкие земли.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Гипабиссальные щелочные гранитоиды малочекинского комплекса являются самыми молодыми магматическими породами Восточно-Магнитогорской зоны и представляют собой внутриплитные магматические образования. Их среднетриасовый возраст (230–240 млн лет) установлен Rb-Sr и Sm-Nd изохронными методами. От близких по петрохимическим параметрам каменноугольных плутонитов щелочные гранитоиды отличаются не только по минералогическим, но и по геохимическим и изотопным характеристикам, а также по степени тектонической переработки.

2. Массивы щелочных пород приурочены к региональным полихронным сдвиговым зонам. Они локализованы в разномасштабных сдвиговых дуплексах растяжения, формировавшихся в обстановке общей правосторонней транспрессии, сменившей в середине триаса режим общего растяжения. Размеры и морфология массивов хорошо согласуются с кинематическими параметрами сдвиговых зон.

3. Триасовые плутонические комплексы Урала, относятся к двум се-

риям (гранит-лейкогранитной и щелочных гранитоидов), которые отчетливо разделены пространственно. Интрузивы гранит-лейкогранитной серии расположены исключительно в пределах Восточно-Уральской мегазоны с докембрийским метаморфическим основанием и представляют собой продукты коровых расплавов. Щелочные гранитоиды локализованы в пределах Магнитогорской мегазоны палеозойской консолидации, в их происхождении существенную роль играли мантийные источники.

Публикации и апробация работы. Основные положения и разделы диссертации опубликованы в 13 работах, в том числе в 1 монографии, 3 статьях в реферируемых журналах списка ВАК, 2 статьях в сборниках, 1 научно-производственном отчете и 6 тезисах докладов. Результаты исследований неоднократно докладывались на научных заседаниях кафедры региональной геологии и истории Земли геологического факультета МГУ, а также на конференциях и совещаниях различного уровня: Международном Тектоническом совещании (2008, 2010 Москва); XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, 2006); III Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о Земле (Новосибирск, 2007); VII и VIII Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Геологи XXI века» (Саратов, 2006, 2007); молодежной научной конференции «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2006); XVII молодежной научной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца (Петрозаводск, 2007).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения. Она имеет объем 181 страниц, включая 3 приложения, 179 иллюстраций и 6 таблиц. Список литературы включает 117 названий.

Благодарности. Диссертация подготовлена на кафедре региональной геологии и истории Земли геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова при постоянном и благожелательном внимании со стороны заведующего кафедрой профессора А.М. Никишина. Я чрезвычайно признательна своему научному руководителю – доктору геолого-минералогических наук Ал. В. Тевелеву за постоянную и разностороннюю помощь в подготовке диссертации и приобретенные геологосъемочные навыки. Особую благодарность выражаю коллегам с геологического факультета МГУ: кандидату г.-м.н. И.А. Кошелевой за помощь в описании шлифов, профессору Э.М. Спиридонову за консультации по минералогии щелочных гранитоидов, доценту П.Л. Тихомирову за консультации по геохимии щелочных

пород, профессору А.А. Булычеву за помощь в интерпретации аномалий магнитного поля, а также профессору РГГУ В.С. Попову и кандидату г.-м. н. Б.В. Беляцкому (г. Санкт-Петербург) за консультации по изотопии. Я считаю своим приятным долгом поблагодарить за помощь и поддержку коллег и друзей, с которыми мне посчастливилось работать на Южном Урале: доктора г.-м. наук Арк.В. Тевелева, кандидатов г.-м. н. Н.В. Правикову и Б.В. Георгиевского, а также О.И. Кабанову, А.В. Рудакову, А.И. Коптева, И.В. Храмова, В.С. Родина, Ю.Г. Красноярову.

Глава I. Состояние изученности триасовых магматических комплексов Восточно-Магнитогорской зоны

Планомерное геологическое изучение района началось в тридцатых годах прошлого века геологическими съемками среднего и крупного масштаба. К ним, в первую очередь, следует отнести работу по подготовке к изданию карты листа N-40-XXXVI (Соколов, 1932 г., Гуцаки и др., 1957 г.; Краснова и др., 1959 г.; Краснова, Рихтер, 1962 г.). Эти работы представляли собой первую крупную сводку геологических материалов по данной территории и сыграли положительную роль в дальнейших исследованиях. В последующем геологическое строение площади уточнялось при проведении крупномасштабных съемок, которые велись силами Челябинского и Оренбургского ТГУ: А.А. Баринов и др. (1967 г.); Г.И. Чайко, А.В. Яркова и др. (1960, 1962, 1964, 1974 гг.) и др. Одновременно с геологосъемочными в разное время проводились тематические работы по обобщению материалов о геологическом строении и металлогении района. К ним, в первую очередь, относятся работы А.Я. Рихтера, М.А. Кригера (1963 г.); М.Д. Тесаловского (1964, 1967 гг.); В.А. Тищенко (1973 г., 1981 г., 1995 г.); И.А. Смирновой и др. (1987 г.); К.П. Плюснина (1962, 1977 гг.). Все эти тематические работы внесли большой вклад в изучение геологического строения Южного Урала. Особая роль по сводке результатов крупномасштабных геологических съемок принадлежит работам по ГДП-200, проводившимся Г.И. Чайко и А.В. Ярковой (1982 г.), Э.В. Шалагиновым (1984 г.), а также Л.Н. Кваснюк (2002 г.).

Отдельно стоит отметить работы С.Г. Червяковского (1974–1982), который в семидесятых годах прошлого века детально исследовал массив Малая Чека, описал состав щелочных гранитоидов, определил изотопный возраст пород К-Аг методом. Впоследствии именно массив Малая Чека дал

название всему комплексу щелочных гранитоидов (Шалагинов, 1984 г.).

Глава 2. Методика исследований

Материал для настоящей работы собирался на протяжении нескольких полевых сезонов (2005–2009 гг.) в Уральской партии геологического факультета МГУ на Южном Урале. В ходе работ были проведены геологические маршруты, в которых описано более 300 обнажений (из них более 100 – автором) по всем массивам щелочных гранитоидов.

При изучении петрографического состава пород было описано более 250 прозрачных шлифов, изготовленных в шлифовальной лаборатории геологического факультета МГУ. Сделано более 100 микрофотографий структур пород, породообразующих минералов, в том числе – щелочных темноцветных, а также аксессуарных минералов.

Состав пород и минералов изучался в лаборатории Института Минералогии УрО РАН, г. Миасс (силикатный анализ методом «мокрой химии»), в Центральной аналитической лаборатории ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург (анализ на редкие, рассеянные и редкоземельные элементы на приборе «ELAN-6100 DRC»), в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург (изотопный Rb–Sr- и Sm–Nd-анализ на многоколлекторном масс-спектрометре «TRITON» (Thermo)), в Лаборатории локальных методов исследования вещества геологического факультета МГУ (изучение состава минералов на микронзондовом комплексе на базе растрового микроскопа "Jeol JSM-6480LV"). Данные магниторазведки интерпретировались с помощью компьютерной программы Tm-2 (автор А.А. Бульчев, геологический факультет МГУ).

Глава 3. Особенности геологического строения района

Изученная территория располагается в зоне сочленения двух крупнейших структурных элементов Южного Урала: Магнитогорской и Восточно-Уральской мегазон, разделенных шовной Уйско-Новооренбургской зоной. В геологическом строении района участвуют разнообразные комплексы широкого возрастного диапазона: от ордовика до квартера. В работе наиболее подробно описано геологическое строение Восточно-Магнитогорской зоны. Поскольку настоящая работа посвящена щелочным гранитоидам, особое внимание уделено плутоническим комплексам.

Стратифицированные образования в пределах *Восточно-Магнитогорской* зоны представлены девонскими островодужными вулканическими

сериями, сменяющимися вулканогенно-осадочными и осадочными свитами фамена – нижнего карбона. Обширные площади сложены нижнекаменноугольными рифтогенными вулканитами магнитогорской бимодальной серии. Все эти комплексы смяты в крупные складки, осложненные разрывами различной кинематики, и перекрыты известняками ранне-среднекаменноугольного возраста.

Уйско-Новооренбургская шовная зона имеет сложную покровно-складчатую структуру. В ее строении участвуют кремнистые толщи ордовика, вулканогенно-осадочные образования раннего и среднего девона, карбонатно-углеродистые толщи раннего карбона, а, кроме того, базальт-трахириолитовый комплекс раннего карбона.

Центральные зоны *Восточно-Уральской мегазоны* сложены метаморфическими комплексами рифея, на которые надвинуты терригенные и вулканические комплексы ордовика. Все они перекрыты угленосными и карбонатными толщами нижнего карбона, смятыми в пологие брахискладки.

Плутонические породы рассматриваемой территории весьма разнообразны как по составу, так и по возрасту. Наиболее древними являются ордовикские габбро-дунит-гарцбургитовые комплексы, слагающие крупные тектонические пластины в Восточно-Уральской мегазоне. В Восточно-Магнитогорской и Уйско-Новооренбургской зонах девонские плутониты представлены, главным образом, ультрамафитами и габброидами, а каменноугольные – габброидами и гранитоидами тоналитового и монцонитового рядов. Сходный по химическому составу с малочекинским московский комплекс описан наиболее подробно. В Восточно-Уральской зоне расположен крупнейший на Южном Урале Суундукский плутон, сложенный гранодиоритами и гранитами раннего карбона и гранитами, лейкогранитами ранней перми. Среднетриасовые плутониты представлены *малочекинским* комплексом щелочных гранитоидов в Восточно-Магнитогорской зоне и *кисинетским* гипабиссальным комплексом гранит-порфиров в Восточно-Уральской мегазоне.

Глава 4. Щелочные породы малочекинского комплекса

Геологическое строение массивов щелочных гранитоидов

Малочекинский комплекс щелочных гранитоидов слагает пять относительно крупных массивов в пределах Восточно-Магнитогорской зоны: Чекинский, Богдановский, гор Малая Чека, Длинная и Кудрявая, их сателлиты, а также ряд более мелких трещинных интрузивов (рис. 1).

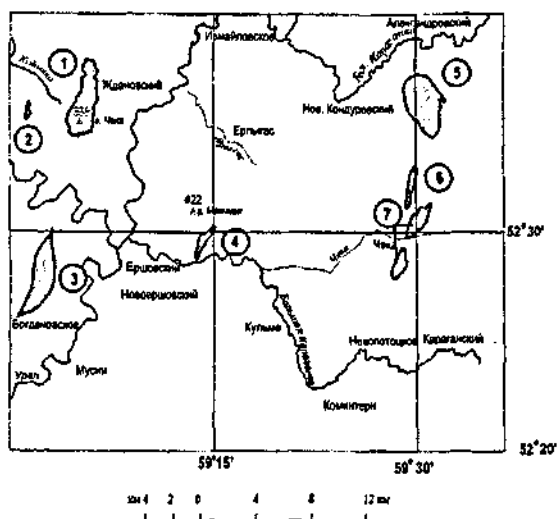


Рис. 1. Схема расположения массивов малочекинского комплекса. Цифрами обозначены массивы: 1 – Чекинский, 2 – Грязнушинский, 3 – Богдановский, 4 – горы Маячной, 5 – горы Кудряевой, 6 – горы Длинной, 7 – Малочекинский (горы Малая Чека)

Практически все массивы хорошо обнажены. В плане они имеют схожую морфологию и вытянуты меридионально. Размеры тел от 1×2 км до 4×7 км. Интрузивы располагаются в виде двух параллельных цепочек меридионального простирания и приурочены к двум региональным взбросо-сдвигам, имеющим крутое падение ($50-70^\circ$) на запад: Карабулакско-Богдановскому на западе и Малочекинскому на востоке.

Восточные контакты массивов, как правило, тектонические; они сопровождаются мощными зонами расщепления и катаклаза, а западные местами интрузивные, с широкими зонами роговиков. Комплекс сложен породами трех интрузивных фаз. К первой фазе относятся монцодиориты, ко второй – щелочные сиениты и к третьей – щелочные граниты и щелочные граносиениты.

Чекинский массив, слагает г. Чека (отм. 558 м), на левом берегу р. Урал. Интрузив вытянут в меридиональном направлении, конформно общему простиранию вмещающих вулканогенно-осадочных пород греховской и березовской свит нижнего карбона. Непосредственно в восточном контакте интрузива греховская свита, представлена известняками. Березовская свита, представлена в основном риодацитовыми, риолитовыми туфами и брекчиями. В плане интрузив имеет удлиненную форму, плавные очертания, вытянут на 6,5 км, ширина его в южной части составляет ~ 2 км, а в северной – 1 км. Восточный контакт массива тектонический и представлен Карабулакско-Богдановским взбросо-сдвигом субмеридионального простирания. В составе массива присутствуют все три фазы внедрения, преобладают породы третьей фазы. По результатам интерпретации геофи-

зических данных он погружается на запад под углом 60-70°. Западный контакт — местами нормальный интрузивный, в приконтактной зоне наблюдаются роговики по кислым вулканитам березовской свиты.

Чекинский массив окружен серией мелких сателлитов, самым крупным из которых является *Грязнушинский* площадью ~ 3 км².

На западном склоне горы Чека, наблюдались многочисленные выходы эгирин-рибекитовых щелочных граносиенитов с "пятнами" микрозернистых порфиroidных щелочных сиенитов розовато-серого цвета. Взаимоотношения их друг с другом трактовались ранее неоднозначно, обычно сиениты считались ксенолитами в граносиенитах и гранитах. Ксенолиты, как правило, изометричной, каплевидной формы имеют ветвистую четкую границу, но иногда встречаются включения неправильной, амёбовидной формы. Ближе к вершине горы Чека наблюдаются те же породы; среди эгириновых гранитов встречены неправильной формы ксенолиты щелочных сиенитов, а также обнаружены маломощные "инъекции" (?) этих пород (2-3 см). Вместе с тем, не везде эти соотношения выглядят однозначно. Местами количество ксенолитов превышает количество вмещающих гранитов. Не исключено, что оба расплава внедрялись почти одновременно и смешивались в приповерхностной камере. При понижении температуры первыми застывали щелочные сиениты, образуя округлые, а местами вытянутые "ксенолиты". Подобные соотношения описаны для многих массивов монзонит-граносиенит-гранитного состава (Попов и др., 1999 и др.).

Богдановский массив расположен в 2 км севернее пос. Богдановское, на правом берегу р. Урал, в 8 км южнее Чекинского массива, сходен с ним по морфологии и размерам. В плане Богдановский интрузив имеет вытянутую форму: ширина ~ 2 км и длина 7 км. В рельефе массив выражен в виде невысокого плато с крутыми склонами. Вмещающими являются вулканогенно-осадочные породы греховской и березовской свит нижнего карбона. Контакты массива преимущественно тектонические. По результатам интерпретации геофизических данных массив круто погружается на запад. В составе Богдановского массива преобладают щелочные граносиениты, в которых наблюдаются многочисленные ксенолиты щелочных сиенитов. Ксенолиты имеют неправильную, часто округлую форму и размер от первых сантиметров до десятков сантиметров.

Массив г. Малая Чека (Малочекинский) расположен в районе одноименной горы (отм. 396 м), возле поселка Чека. Интрузив представлен

двумя телами, которые вытянуты в северо-восточном направлении (азимут СВ-30°) согласно с общим простиранием структур карбона в этом районе. Он залегает в ядре небольшой антиклинальной складки, крылья которой сложены туфогенно-осадочными образованиями нижнего карбона. Форма обоих тел в плане эллипсоидная, ширина ~ 1 км, длина – 2 км. Восточный контакт массива тектонический и представлен Малочекинским взбросо-сдвигом, а западный – преимущественно нормальный интрузивный. Массив сложен породами трех интрузивных фаз. В щелочных гранитах присутствуют ксенолиты щелочных сиенитов, с ветвистыми границами, как правило, неправильной формы, размерами первые десятки сантиметров.

Массив г. Длинная (отм. 478 м), расположен в ~ 4 км севернее горы Малая Чека. Интрузив вытянут в субмеридиональном направлении конформно вмещающим известнякам и песчаникам сосновской толщи: длина 3 км, ширина ~ 0,5 км. По геофизическим данным (Шалагинов, 1984 г.) вертикальная мощность в южной части массива составляет около 2 км. Контакты – интрузивные. В строение интрузива горы Длинная участвуют гранитоиды второй и третьей фаз. Судя по геофизическим данным, интрузивы гор Малая Чека и Длинная на глубине сливаются в единый массив.

Массив г. Кудрявой расположен в 2,5 км севернее массива горы Длинной. Гранитоиды горы Кудрявой слагают небольшую возвышенность, вблизи границы Восточномагнитогорской и Уйско-Новооренбургской зон. Массив дискордантен к вмещающим породам. Он простирается в северо-западном направлении, а вмещающие породы имеют субмеридиональное простирание. Интрузив имеет форму близкую к изометричной с длиной осей 4-5 км. По результатам интерпретации геофизических данных (Шалагинов, 1984 г.) мощность массива составляет 1,4 – 1,5 км, а в разрезе он имеет каплевидную форму: восточный контакт погружается на запад под углом около 60°, а западный – на восток примерно под таким же углом. Гранитоиды залегают в крыле складки, сложенной эффузивно-осадочными породами верхнего девона и нижнего карбона. Интрузив характеризуется довольно простым и однородным строением, сложен преимущественно щелочными гранитами третьей фазы.

Малочекинский комплекс так же слагает ряд более мелких интрузивов расположенных примерно посередине между западной и восточной ветвями, в непосредственной близости к Амамбайско-Ташлинскому взбросо-сдвигу: массив горы Маячной и трещинные интрузивы в пределах Бриент-

ского гранитоидного массива. Эти интрузивы изучены хуже.

Петрография щелочных гранитоидов

В разделе подробно описаны все петрографические разности пород. Щелочные породы малочекинского комплекса петрографически достаточно однородны. Все они содержат в разных количествах щелочные амфиболы и/или щелочные пироксены, а также много аксессуарных минералов: апатита, монацита, ксенотима, циркона и сфена. Вместе с тем, количество щелочных темноцветных минералов варьирует в широких пределах — от первых процентов до 20-25 %.

Щелочные породы Чекинского и Богдановского массивов (Западная ветвь) петрографически неразличимы. Оба массива слагают разнозернистые породы трех фаз внедрения. Для гранитоидов третьей фазы характерна равномернозернистая, микропегматитовая структура, для пород второй и третьей фаз — порфириовидная. Щелочные темноцветные минералы в породах массивов имеют различный габитус: ксеноморфные выделения, таблички, ромбовидные кристаллы, часто с амфиболовым двойникованием, нередко наблюдаются иголки и лучистые скопления.

Структура пород Восточной ветви массивов преимущественно порфириовидная, с мелкозернистой, редко среднезернистой основной массой. Щелочные темноцветные минералы наблюдаются, как правило, в виде ксеноморфных выделений, редко табличек или иголок. Малочекинский массив слагают породы всех трех фаз внедрения, в отличие от него массив горы Длинная слагают только щелочные граносиениты (третья фаза) и щелочные сиениты (вторая фаза), массив горы Кудрявая нацело сложен щелочными гранитами третьей фазы.

Таким образом, порфириовидная и графическая структуры пород характеризуют эти массивы как гипабиссальные. Только в самых крупных массивах встречены участки с равномернозернистой структурой щелочных пород. Породы Западной и Восточной ветвей имеют четкие петрографические отличия. Для пород Западной ветви характерна графическая (или микропегматитовая) и порфириовидная структура, преимущественно средне-, крупнозернистая. Породы Восточной ветви обладают порфириовидной структурой с мелкозернистой основной массой. Темноцветные щелочные минералы в породах Западной ветви имеют разнообразный габитус, а в породах Восточной ветви они преимущественно ксеноморфны.

Минералогические особенности щелочных гранитоидов

Минеральные ассоциации щелочных пород малочекинского комплекса интересны в первую очередь щелочными темноцветными минералами, которые до последнего времени были изучены чрезвычайно слабо.

Результаты микроскопических исследований показывают, что щелочные амфиболы представлены практически непрерывным изоморфным рядом арфведсонит–рибекит–феррорихтерит. Все щелочные амфиболы обеднены магнием и обогащены титаном. В единичных зернах встречается керсутит.

Щелочные пироксены представлены эгирином и геденбергит-эгирином, в котором геденбергитовая компонента составляет не более 20%. Как и амфиболы, эгирин обычно обогащен титаном, содержание TiO_2 доходит до 3%, в некоторых разностях наблюдается резко повышенное содержание циркония (ZrO_2 до 1%). Эти данные хорошо согласуются с представлениями о том, что при кристаллизации щелочных расплавов цирконий часто входит в состав темноцветных минералов, вплоть до того, что собственный циркон может вообще не кристаллизоваться.

Среди аксессуарных минералов встречены апатит, монацит, ксенотим, циркон, сфен. Отличительной чертой щелочных гранитоидов малочекинского комплекса является присутствие среди аксессуарных фосфатов редких земель (монацита и ксенотима), которые отсутствуют в близких по составу умеренно-щелочных плутонитах раннего карбона. Общие высокие содержания РЗЭ проявляются и в том, что зональный аксессуарный апатит имеет повышенное содержание церия (до 5% во внешних зонах).

Геохимические особенности щелочных гранитоидов

Щелочным породам малочекинского комплекса свойственно ярко выраженное бимодальное распределение по кремнекислотности, причем максимумы соответствуют последним фазам внедрения (60–66% – вторая фаза, 68–74% – третья фаза). В гранитоидах отмечается высокое содержание щелочей, причем содержание K_2O с ростом кислотности увеличивается, а Na_2O – уменьшается. Распределение щелочей в целом асимметричное, смещенное в сторону высокощелочных разностей в основном за счет повышенного содержания калия.

На классификационной диаграмме TAS (рис. 2) практически все фигуративные точки составов попадают в область пород повышенной щелочности. В целом для комплекса характерно невысокое содержание титана и кальция, высокое содержание железа и глинозема. На большинстве диа-

грамм довольно четко выделяются группы пород, соответствующие фазам внедрения. Первая отвечает монцодиоритам; вторая – щелочным сиенитам, а третья – щелочным граносиенитам и щелочным гранитам.

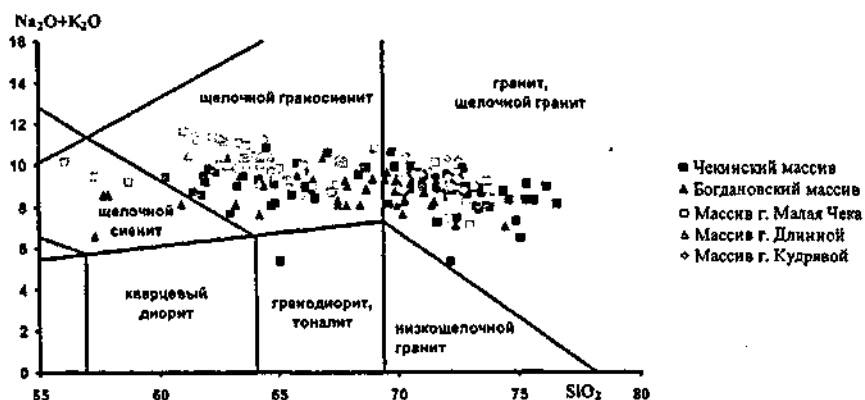


Рис. 2. Классификационная диаграмма TAS (Классификация..., 1997)

Распределение петрогенных и рассеянных элементов в щелочных породах малочекинского комплекса подчеркивает особенности их минералогического состава в разных ареалах распространения. Так, в породах Чекинского и Богдановского массивов (западный ареал) отношение плагиоклаза и калиево-натриевого полевого шпата несколько выше, чем в породах массивов восточного ареала, что и отражается в содержании оксидов кальция и калия. Различия в составе пород Западной и Восточной ветвей хорошо выражены на уровне именно петрогенных элементов и менее заметны в распределении рассеянных элементов.

Графики распределения нормированных значений концентрации РЗЭ (рис. 3) в породах различных массивов схожи и характеризуются неглубокими европейскими минимумами и очень пологим трендом, который связан с высокой концентрацией тяжелых РЗЭ.

Спайдерграммы (рис. 4) щелочных пород всех массивов сходны. В целом конфигурация спайдерграмм нормированных значений содержания рассеянных элементов с большими ионными радиусами и легких лантаноидов для щелочных гранитоидов примерно повторяет график для верхней коры, однако концентрация высокозарядных элементов и тяжелых РЗЭ их существенно превышает. Практически для всех пород характерны слабо выраженный ниобиевый минимум, слегка повышенные значения концен-

траций тория и резкое обеднение стронцием.

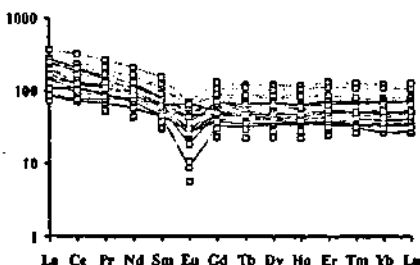


Рис. 3. Распределение РЗЭ для гранитоидов малочекинского комплекса. Нормировано по хондриту C_1 (Sun, McDonough, 1989).

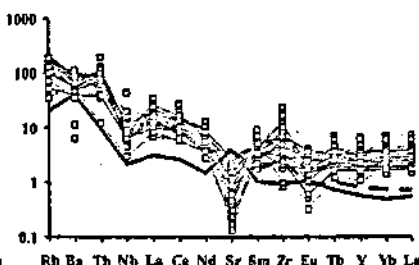


Рис. 4. Спайдерграммы для гранитоидов малочекинского комплекса. Нормировано по среднему тоналиту (Sun, McDonough, 1989).

На диаграмме Nb/Zr (рис. 5) отчетливо выделяется два тренда эволюции, более крутой содержит фигуративные точки всех изученных массивов, а более пологий только фигуративные точки Чекинского массива с резко повышенным содержанием циркона.

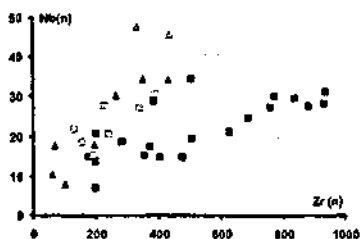


Рис. 5. Диаграмма соотношения Nb(n) – Zr(n). Условные обозначения см рис. 2

Такая ситуация может объясняться большим количеством ксеногенного циркона в щелочных породах Чекинского массива.

Породы Западной и Восточной ветвей достаточно хорошо различаются по нескольким петрохимическим характеристикам.

Эти различия особенно четко выражены для пород второй фазы внедрения. Во-первых, на востоке породы отчетливо более щелочные. Во-вторых, хотя все они относятся к K–Na типу щелочности, породы Восточной ветви все-таки ближе к калиевому типу, а Западной – к натриевому. В-третьих, в Восточной ветви породы существенно более железистые. Резким преобладанием калиево-натриевого полевого шпата над плагиоклазом объясняется глубокий стронциевый минимум на спайдерграммах практически всех пород.

Несмотря на очевидную близость химического состава пород всех массивов, Чекинский интрузив все же отличается аномально высокой концентрацией тяжелых РЗЭ. Суммарное содержание редких земель в породах

часто превышает 300 г/т, иногда достигает 550 г/т. Выделяется Чекинский массив и существенным циркониевым максимумом, связанным с большим количеством акцессорного циркона. На дискриминационных диаграммах фигуративные точки пород малочекинского комплекса целиком попадают в поле внутриплитных гранитов, что отличает их от умеренно-щелочных гранитоидов каменноугольного возраста.

Изотопная характеристика и возраст щелочных пород

Интрузивы малочекинского комплекса прорывают вулканогенно-осадочные породы греховской и березовской свит, полоцкой и каморзинской толщ нижнего карбона. Таким образом, геологический возраст комплекса определяется как послевизейский. В ходе работ было отобрано пять проб из массива Чека для определения изотопного возраста Rb/Sr методом – 4 пробы из первой фазы (9722, 9723, 9791, 9792), 1 проба – из второй (9721). В результате получено 5 Rb/Sr минеральных изохрон, с относительно небольшими среднеквадратичными ошибками (4 из них на рис. 6).

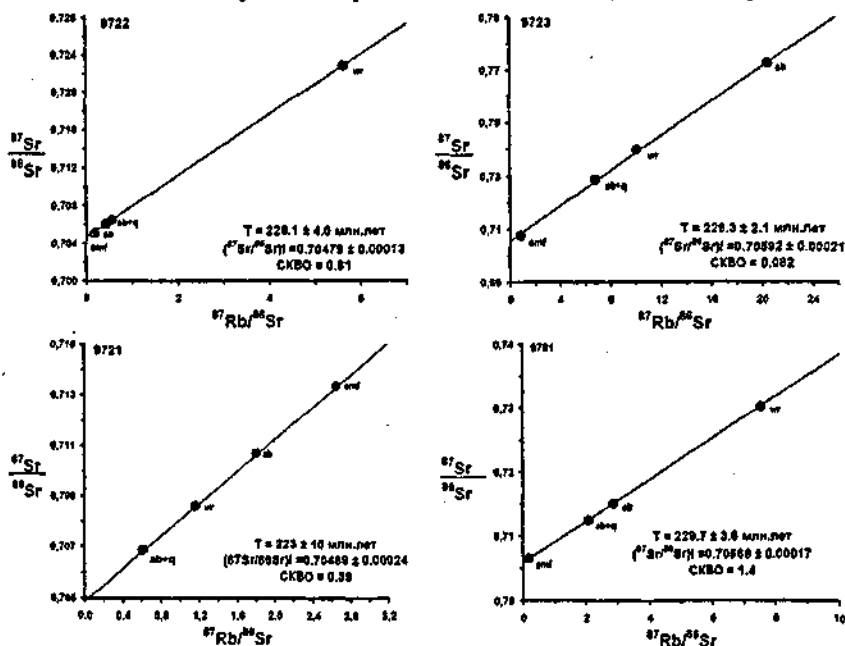


Рис. 6. Rb-Sr изохроны гранитоидов малочекинского комплекса

Расчет по пяти валовым пробам дает изотопный возраст 237 ± 21 млн лет, который и является, вероятно, наиболее достоверным. Чуть более мо-

лодые цифры, скорее всего, отражают более позднее флюидное событие, приведшее к некоторому перераспределению Rb и Sr между минералами, но существенно не повлиявшее на изотопную систему. Следует отметить, что приведенные цифры являются не только первыми надежными изотопными данными о возрасте малочекинского комплекса, но и вообще первыми данными о триасовых гранитоидах в Магнитогорской мегазоне.

В ходе проведенных исследований были проанализированы цирконы из двух проб U-Pb методом (SHRIMP-II). В результате получены следующие изотопные возраста: $353,9 \pm 4,0$ и $352,7 \pm 3,9$ млн лет (рис. 7), что соответствует началу турнейского века и противоречит геологическим данным, поскольку щелочные гранитоиды прорывают вулканогенно-осадочные образования березовской и греховской свит, датированных фаунистически как поздний турне – визе.

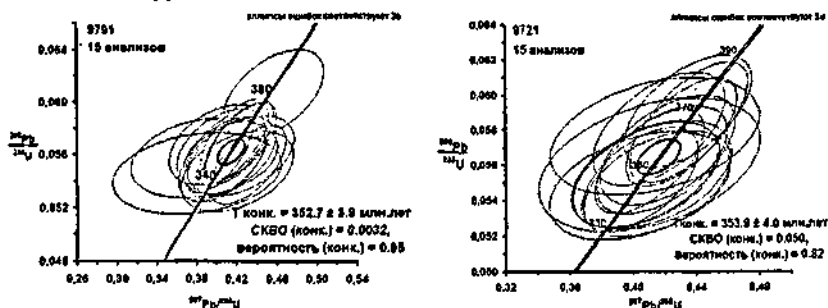


Рис. 7. Результаты U-Pb датирования щелочных сиенита (9721) и гранита (9791)

Ситуация с цирконами, особенно в щелочных породах, далеко непроста. Для гранитоидов часто характерно присутствие унаследованного циркона (иногда в очень большом количестве), а для щелочных гранитоидов может так сложиться, что собственные цирконы вообще могут не кристаллизоваться (весь цирконий уходит в темноцветные минералы). В этом случае мы получим возраст только унаследованного циркона. В каждой из изученных проб были промерены 15 зерен цирконов типично магматического облика и зональности с типичными концентрациями и соотношениями урана и тория. Вместе с тем, для щелочных расплавов характерно наличие высоких концентраций тория и отношения Th к U больше 1. В целом по породе это отношение и в малочекинских щелочных плутонитах меняется от 2 до 10, в среднем составляя 4,22. В проанализированных цирконах отношение Th к U устойчиво меньше 1, что, вероятно, также указы-

ваит на их ксеногенную природу по отношению к гранитоидам.

Изучение Sm-Nd изотопных характеристик показало, что породообразующие минералы относительно изотопии неравновесны с аксессуориями: циркон со сфеном дают более крутую линию тренда (рис. 8).

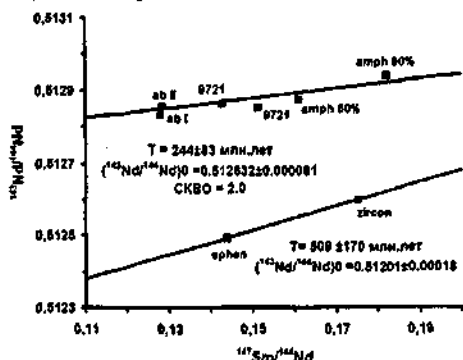


Рис. 8. Результаты Sm-Nd изохронного датирования щелочного сиенита

Этот факт говорит в пользу предположения об унаследованном характере циркона, что согласуется с предшествующими выводами по геохимии циркония. Изотопный возраст щелочных гранитоидов малочекинского комплекса определен Sm-Nd методом составляет 244 ± 83 млн лет, что соответствует среднему триасу.

Глава 5. Обстановки и условия формирования массивов щелочных гранитоидов

Структурная позиция массивов

В целом структура востока Южного Урала (рис. 9) характеризуется чередованием относительно широких меридионально вытянутых мегазон (Магнитогорская, Восточно-Уральская, Зауральская) и разделяющих их, относительно узких шовных зон (Уйско-Новооренбургская и Копейская).

Как показывают структурные исследования (Знаменский, 2006, Тевелев, 2002, 2006 и др.), сдвиговые деформации с большими амплитудами реализуются в виде шовных зон, а малоамплитудные могут быть рассредоточены по локальным меридиональным разрывам внутри относительно однородных мегазон. Особенность этих сдвигов состоит в том, что они контролируют распределение и морфологию интрузивных тел различного состава и возраста (Bankwitz, Ivanov, 1997; Тевелев, Тевелев, 1977, 1998; Пчелинцев, 2001). Это обстоятельство предоставляет возможность более или менее достоверно определять возраст сдвиговых деформаций.

Ранее на Южном Урале выделялись две главные стадии коллизионных деформаций (Плюснин, 1971; Иванов, 1998): на ранней стадии предполагалось формирование надвигов и шарьяжей, а на поздней – левых

сдвигов. Раннекаменноугольный возраст левых сдвигов доказан тем, что они контролируют размещение, морфологию и структуру синкинематических массивов тоналитового ряда (Тевелев и др., 2002, 2006 и др.). В последние годы выяснилось, что самыми поздними являются правые сдвиги. Возраст правых сдвигов предполагается позднепалеозойским – мезозойским (Знаменский, 2006) или триасовым (Тевелев, 2002).

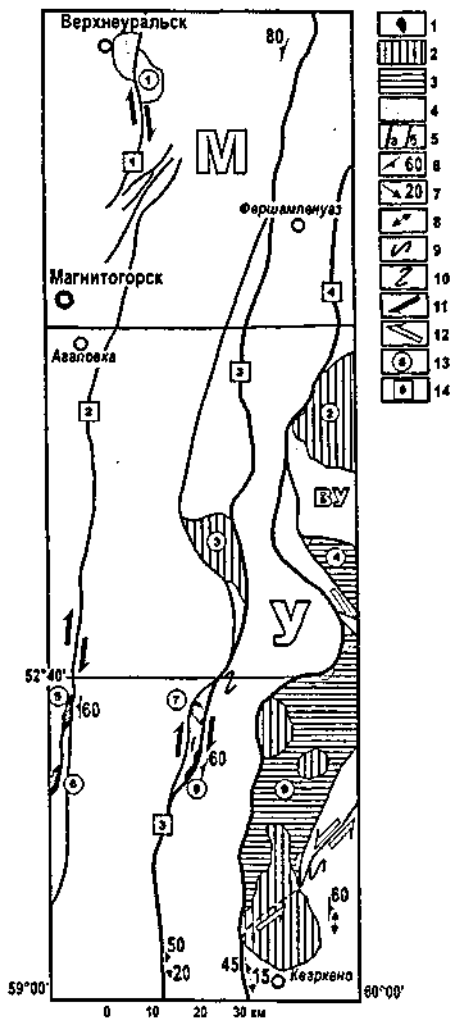


Рис. 9. Сдвиговые зоны Восточно-Магнитогорской зоны

1-4 – интрузивные массивы: 1 – триасовые синкинематические; 2 – раннепермские; 3 – раннекаменноугольные синкинематические; 4 – девонские; 5 – разрывы: а) границы зон, б) прочие; 6-8 – элементы залегания: 6 – плоскопараллельных ориентировок наклонные; 7, 8 – линейности: 7 – наклонные, 8 – горизонтальные; 9, 10 – присдвиговые складки с вертикальными шарнирами: 9 – S-образные (левосторонние), 10 – Z-образные (правосторонние); 11, 12 – сдвиги: 11 – триасовые, 12 – раннекаменноугольные; 13 – номера интрузивов и серий даек; 14 – номера разрывов.

Интрузивные массивы и серии даек: 1 – Верхнеуральский, 2 – Джабыкский, 3 – Кацбахский, 4 – Неплюевский, 5 – Чекинский, 6 – Богдановский, 7 – массив г. Кудрявой, 8 – массив г. Малая Чека, 9 – Суундукский. Разрывы: 1 – Аблязовский, 2 – Карабулакско-Богдановский, 3 – Браиловский, 4 – Восточно-Кировский.

Буквами обозначены: М – Магнитогорская мегазона, ВУ – Восточно-Уральская мегазона, У – Уйско-Новооренбургская шовная зона

При проведении работ было изучено большое количество мезоструктур в пределах главных сдвиговых зон востока Южного Урала: зеркала

скольжения, мелкие складки с вертикальными шарнирами, рассланцевание, линейность, кинк-зоны и т.п. Повсюду, где удавалось зафиксировать разнонаправленные движения по сдвигам, правые сдвиги оказывались более поздними, чем левые. Деформированными оказались не только толщи слоистых пород, но и поверхности рассланцевания и кливажные пластины. Они бывают смяты в присдвиговые флексуры, S-образные, и Z-образные складки с вертикальными шарнирами. При этом S-образные складки (левосторонней кинематики) часто бывают разорваны правыми сдвигами, параллельными осевым поверхностям. Кроме того, правые сдвиги фиксируются и по прямым смещениям маркеров. Например, Верхнеуральский массив в Магнитогорской мегазоне смещен Нововоронинским правым сдвигом с амплитудой около 7 км.

Все триасовые интрузивы локализованы в зонах правых сдвигов. Чекинский и Богдановский массивы имеют в плане форму параллелограммов, длинные стороны (6,5-7 км) которых вытянуты меридионально и выражены преимущественно сдвигами, а короткие стороны (около 2 км) северо-восточного простирания, как правило, имеют отчетливо интрузивные контакты. Такая морфология массивов предполагает их формирование в участках присдвигового растяжения Карабулакско-Богдановского правого сдвига при амплитуде смещения 5-7 км, что согласуется с амплитудой Нововоронинского сдвига, кулисообразно надстраивающего Карабулакско-Богдановский на север. Восточная ветвь массивов локализована в зоне Браиловского и Малочекинского сдвигов, которые образует правосторонний сдвиговый дуплекс шириной 2,5-3 км и протяженностью 15-18 км.

Аналогичные соотношения левых и правых сдвигов наблюдаются и в восточнее, в пределах Восточно-Уральской и Зауральской мегазон (Тевелев и др., 2002, 2006). Таким образом, правые меридиональные сдвиги и связанные с ними структурные парагенезы относятся к триасовыми коллизийными структурами Южного Урала. Именно с развитием правых сдвигов связаны проявления разнообразного, но неизменно специфического триасового магматизма. Необходимо отметить, что субмеридиональные раннемезозойские правые сдвиги отнюдь не чисто Уральское явление, они чрезвычайно широко развиты южнее, в Казахстанской складчатой области, т.е. являются трансрегиональными молодыми сдвигами.

Геодинамические обстановки формирования массивов
Геологическая история триаса зафиксирована на Южном Урале в не-

многочисленных объектах. Наиболее крупным из них является Челябинский грабен, в котором близкие к траппам базальты туринской серии формировались в раннем-среднем триасе, а челябинская серия красноцветных моласс – в среднем триасе – ранней юре. Красноцветные конгломераты триаса известны и в Восточно-Магнитогорской зоне. Они протягиваются меридиональной полосой в 15-20 км западнее Карабулакско-Богдановского разлома (Монтин, 2003 г.). В пределах Восточно-Уральской мегазоны Ал.В. Тевелевым и др. (2006) был выделен среднетриасовый кисинетский гипабиссальный комплекс флюоритсодержащих гранит-порфиров (Rb-Sr изохронный возраст $238 \pm 1,8$ млн лет). В Восточно-Уральской мегазоне к гранит-порфирам кисинетского комплекса близки биотитовые мезо- и лейкократовые флюоритоносные граниты сабанайского комплекса (Кузнецов и др., 2008), Ag-Ag изотопный возраст которых по биотиту $248,8 \pm 3,4$ млн лет. Близки к ним и плутониты блюмовского лейкогранит-пегматитового комплекса (Бушляков и др., 1999, Петров и др., 2004 г.). Кроме того, в пределах северной части Западно-Магнитогорской зоны известен фоминский комплекс граносиенитов, умеренно-щелочных и щелочных гранитоидов (Кузнецов и др., 2008 г.), его возраст достоверно не установлен, но, скорее всего, он тоже является триасовым.

Имеющиеся данные показывают, что триасовые лейкогранитовые и щелочногранитовые комплексы Южного Урала сформировались *после* базальтов трапповой формации. Геохимические и изотопные характеристики позволяют отнести их к внутриплитным магматитам, а структурные построения приводят к мысли об обстановках транспрессии. В раннем триасе на огромной территории господствовала обстановка растяжения, которую обычно связывают с подъемом суперплюма, ответственного за траппы Сибирской провинции. Смена динамических обстановок приходится примерно на границу ладинского и анизийского веков среднего триаса и фиксируется в формировании трансрегиональных сдвигов. Данные по соседним регионам (Коваленко и др., 1999; Ярмолюк и др., 2000 и др.; Верниковский и др., 2001) показывают, что щелочные и лейкократовые гранитоиды триаса локализованы по северной и восточной периферии Сибирской трапповой провинции. По всей видимости, аналогичные комплексы Южного Урала маркируют ее западную периферическую зону.

Проблема источников щелочных кислых магм рассматривается во множестве работ (Коваленко и др., 1999; Ярмолюк и др., 1999; Попов, 2003

и др.). Применительно к гранитоидам малочекинского комплекса надо иметь в виду несколько фактов: 1) они слабо изменены вторично, но существенно обогащены калием, а также тяжелыми РЗЭ, что говорит о первичной обогащенности магмы; 2) они имеют низкое начальное отношение изотопов стронция ($(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0,70479-0,70592$), что практически исключает чисто коровые источники; 3) ϵNd_t в 5 пробах составляет 5,5-6,3, что отвечает истощенной мантии. Сочетание таких параметров, а также высокие Th/La отношения (0,25-0,35) приводят нас к выводу, что щелочные гранитоиды имели смешанный источник, либо источник претерпел предварительную флюидную переработку.

Заключение

Щелочные гранитоиды малочекинского комплекса являются самыми молодыми магматическими породами Восточно-Магнитогорской зоны Южного Урала. Они слагают две меридиональные цепочки небольших интрузивов и представлены свежими разностями эгириновых, эгирин-щелочноамфиболовых и щелочноамфиболовых умеренно-кислых и кислых пород. Гранитоиды Западной и Восточной ветвей отличаются друг от друга по геохимическим особенностям. Среднетриасовый возраст щелочных пород (237 млн лет) установлен Rb-Sr и Sm-Nd изохронными методами.

На Южном Урале в среднем триасе (примерно на границе анизийского и ладинского веков) произошла смена обстановки общего растяжения на обстановку правосторонней транспрессии. В результате этого Челябинский рифт трансформировался в рампу, а базальтовый вулканизм в Копейской зоне завершился. Новая динамическая обстановка инициировала кратковременную вспышку специфического гранитоидного магматизма. Массивы щелочных гранитоидов сформировались в локальных зонах присдвигового растяжения крупных взбросо-сдвигов, в обстановке правосдвиговой транспрессии, которая в середине триаса сменила режим общего растяжения. Размеры и морфология массивов согласуются с кинематическими параметрами сдвиговых зон. Щелочные гранитоиды имели смешанный источник или источник претерпел предварительную флюидную переработку.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Монографии

1. Тевелев Ал.В., Кошелева И.А., Тевелев Арк.В. ... **Фурина М.А.** и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXXVI. Объяснительная записка. С.-Пб. ВСЕГЕИ. 200 стр., в печати.

Статьи в периодических изданиях (перечень ВАК)

2. **Фурина М.А.**, Тевелев А.В., Кошелева И.А., Правикова Н.В. Особенности химического состава триасовых щелочных пород Магнитогорской зоны Южного Урала // Вестник Моск. ун-та, сер. 4, геология, 2010, № 2. С. 62–68.
3. **Фурина М.А.** Щелочные гранитоиды Восточно-Магнитогорской зоны Южного Урала (геология, петрография) // Бюллетень МОИП, № 2, 2010. С. 65–71.
4. Тевелев Ал.В., Кошелева И.А., **Фурина М.А.**, Беляцкий Б.В. Триасовый магматизм Южного Урала: геохимия, изотопия, геодинамика // Вестник Моск. ун-та, серия 4, геология, 2009, № 2. С. 29–38.
5. Tevelev Al.V, Kosheleva I.A., **Furina M.A.**, Belyatsky B.V. Triassic Magmatism in the South Urals: Geochemistry, Isotopic Composition, and Geodynamics // Vestnik Moscow University. Geology, 2009, № 2, pp. 92–101.

Научные отчеты

6. Тевелев Ал.В., Кошелева И.А., Тевелев Арк.В. ... **Фурина М.А.** и др. Отчет по объекту: «ГДП-200 территории листа N-40-XXXVI (Суундукская площадь)» за 2004-2008 гг. М.: МГУ. Горгеолфонд. 2009. 478 с.

Краткие научные сообщения в продолжающихся изданиях

7. Тевелев Ал.В., Кошелева И.А., **Фурина М.А.**, Беляцкий Б.В. Триасовая геодинамика Южного Урала в свете новых изотопных данных / Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики // Материалы XLI Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2008. С. 317–321.
8. Тевелев Ал.В., **Фурина М.А.** Кинематика раннемезозойских сдвиговых зон Южного Урала / Тектоника и геодинамика складчатых поясов платформ фанерозоя // Материалы XLIII Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2010. С. 341–346.

Тезисы докладов

9. **Фурина М.А.** Геологическое строение и состав гранитоидного массива

Чека / Геология, полезные ископаемые и геоэкология северо-запада России // Материалы XVII молодежной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца. Петрозаводск, 2006. С. 60–62.

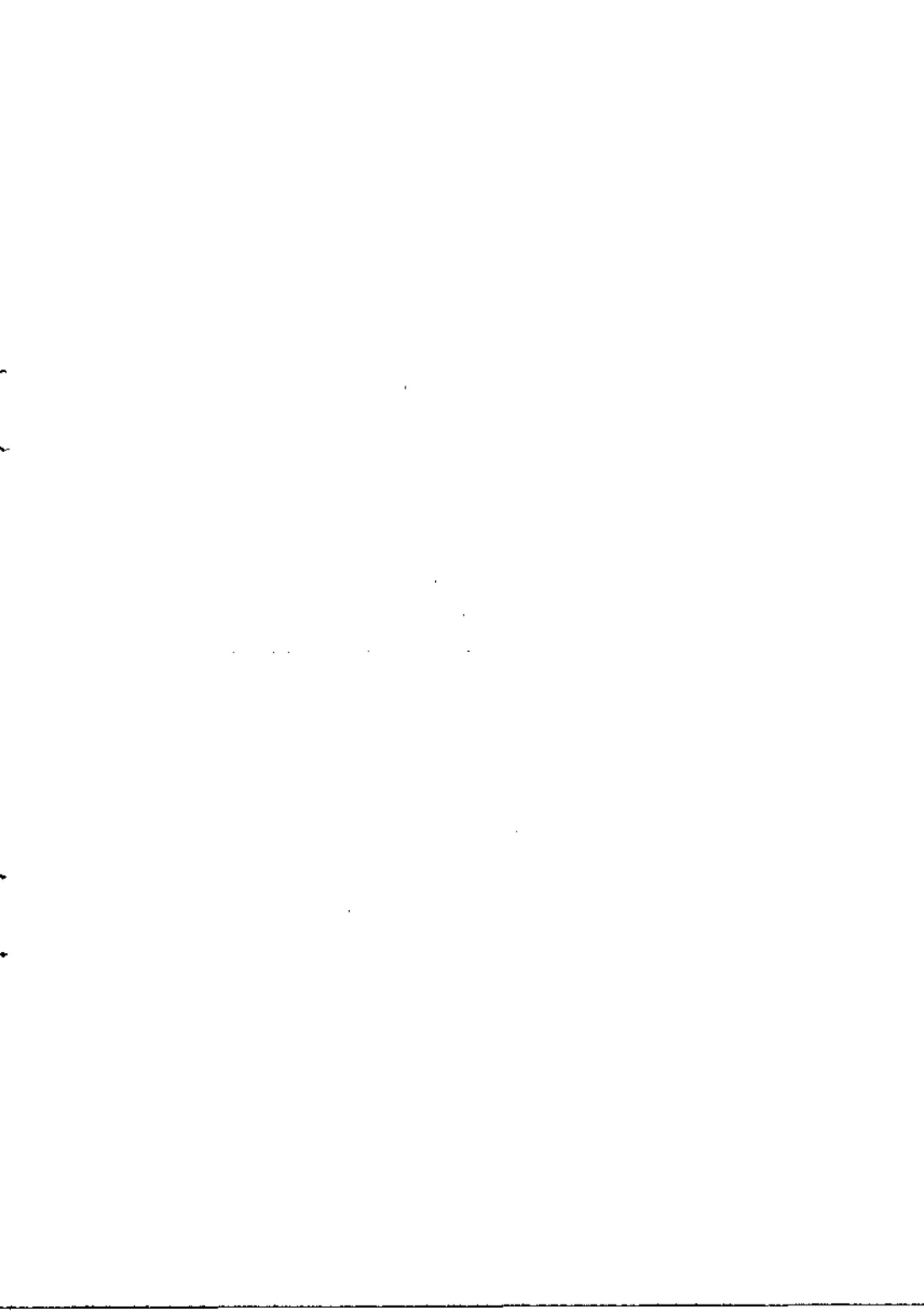
10. **Фурина М.А.** Щелочные гранитоиды Чекинского массива (Южный Урал) // Тезисы докладов Третьей Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о земле. Новосибирск: ОИГТМ СО РАН, 2006. С. 236–237.

11. **Фурина М.А.,** Базилевская Е.А., Георгиевский Б.В. Строение и динамика новейшего развития Чекинского гранитоидного массива (Южный Урал) // Материалы VII Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов (Саратов, 28-31 марта 2006 г.). Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2006. С. 16–17.

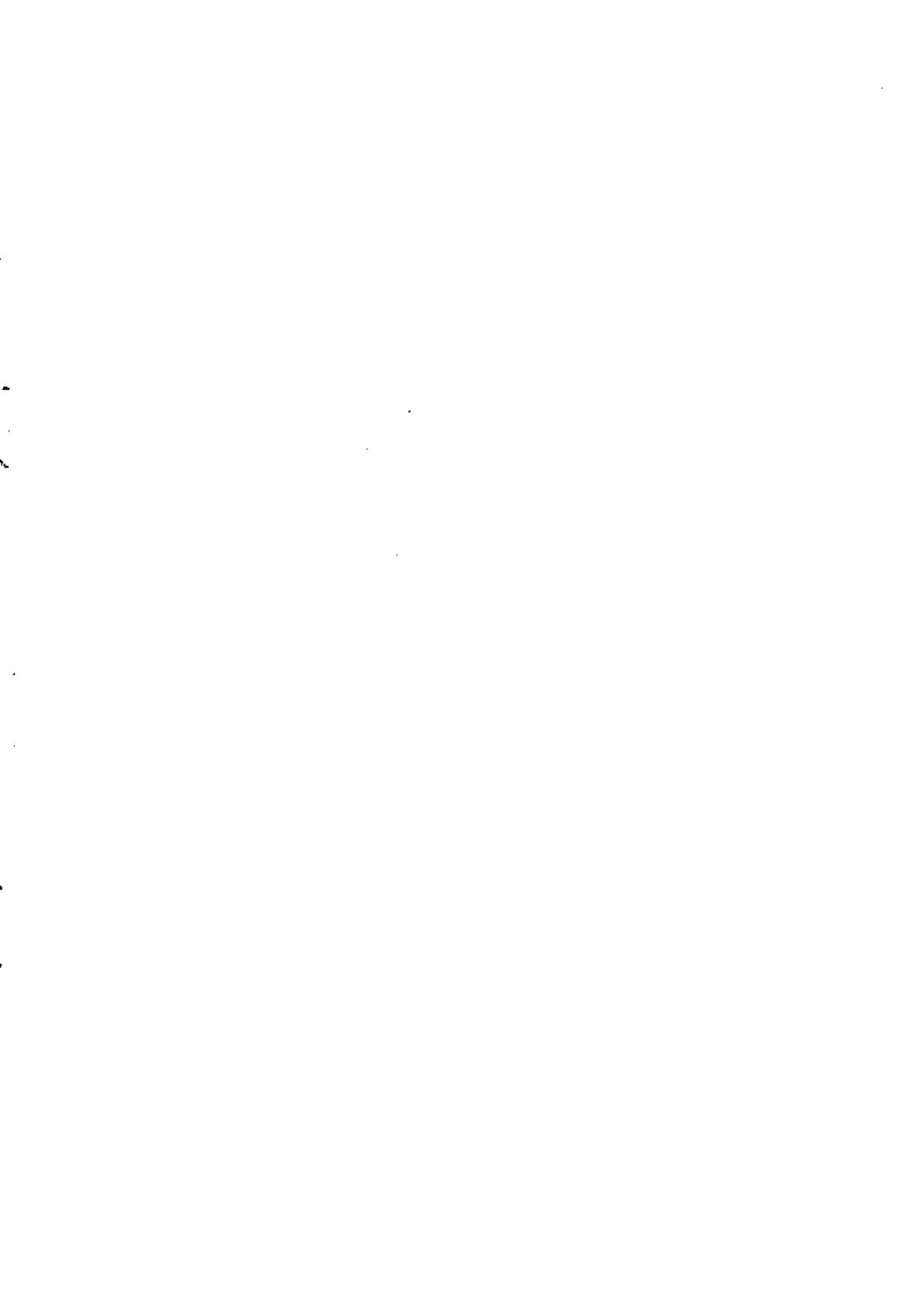
12. **Фурина М.А.** Морфология Чекинского гранитоидного массива (Южный Урал) // Тезисы докладов научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» (Москва 23-24 марта 2006 г.). Москва РГГУ им. С. Орджоникидзе, 2006, с. 57.

13. Базилевская Е.А., **Фурина М.А.,** Георгиевский Б.В. Морфология и неотектоника Малочекинской сдвиго-надвиговой зоны (Южный Урал) // Сборник тезисов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов», Т. 2. М.: Изд-во МГУ, 2006, с. 49.

14. **Фурина М.А.** Гранитоидный массив Чека, его строение и состав (Южный Урал) // Материалы VIII Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов (Саратов, 28-30 марта 2007 г.). Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2007. С. 10–11.



Отпечатано в отделе оперативной
печати Геологического ф-та МГУ
Тираж 100 экз. Заказ № 33



10-23167

2010A

23167