

На правах рукописи



Правикова Наталья Витальевна

**РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНЫЙ ВУЛКАНИЗМ
ЮЖНОГО УРАЛА**

Специальность 25.00.01 общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва

2006

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

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук

Тевелев Александр Вениаминович (МГУ, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли)

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук

Серавкин Игорь Борисович (Институт геологии, Уфимский научный центр РАН);

доктор геолого-минералогических наук, профессор

Короновский Николай Владимирович (МГУ, геологический факультет, кафедра динамической геологии)

Ведущая организация:

Геологический институт РАН.

Защита состоится 24 ноября 2006 года в 14.30 на заседании диссертационного совета Д 501.001.39 при Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова по адресу: 119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ, геологический факультет, аудитория 415.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке геологического факультета МГУ им М.В. Ломоносова (корпус А, этаж 6).

Автореферат разослан 23 октября 2006 года.

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



А.Г. Рябухин

Введение

Актуальность работы.

Раннекаменноугольные вулканические комплексы Южного Урала являются уникальным объектом для анализа и корреляции близких по возрасту вулканических поясов и построения общей геодинамической модели региона в раннем карбоне. Эти образования присутствуют практически во всех тектонических зонах Южного Урала, хорошо обнажены и с высокой точностью палеонтологически датированы. Новейшие данные по геохимии этих комплексов позволяют вплотную подойти к оценке геодинамических режимов развития раннекаменноугольного вулканизма.

В настоящее время на территории Южного Урала продолжаются работы по подготовке второго издания Государственных геологических карт масштаба 1:200 000, и на отдельные листы уже созданы, при участии автора, обновленные геологические карты. В основу этих работ положен объемный новый материал по геологии, геохимии и металлогении вулканических комплексов, обобщенный, к настоящему времени, лишь в пределах отдельных съемочных листов. Поскольку в ближайшее время предполагается издание всей Южно-Уральской серии листов второго издания Госгеолкарты–200, важнейшее значение приобретает обобщение и корреляция разнородных, иногда даже противоречивых данных, полученных в последнее время для этой большой территории.

Цель и задачи.

Целью настоящей работы является получение комплексной геолого-геохимической характеристики вулканических комплексов раннего карбона Южного Урала и разработка на этой базе геодинамической модели раннекаменноугольного вулканизма. Для достижения этой цели необходимо было решить ряд конкретных задач.

1. Изучить особенности геологического строения раннекаменноугольных вулканических комплексов в различных структурно-фациальных зонах Восточного Урала и Зауралья.
2. Изучить особенности петрографии и геохимии раннекаменноугольных вулканитов во всех зонах.
3. Дать сравнительную характеристику вулканических комплексов разных зон.
4. Установить характер миграции вулканизма.
5. Выявить соотношения изученных вулканитов с близкими по возрасту интрузивными комплексами.
6. Сравнить раннекаменноугольные вулканиты с вулканическими комплексами предшествующих этапов.
7. Уточнить геодинамические обстановки формирования вулканических комплексов раннего карбона.

Защищаемые положения.

1. В пределах Восточного Урала начало вулканической деятельности в раннем карбоне постепенно перемещается с запада на восток. Интервал времени от начала формирования березовского вулканического комплекса в западных частях Магнитогорской зоны до начала формирования аккаргинского комплекса в Зауральской зоне (от першинского времени позднего турне до жуковского времени позднего визе) составляет примерно 20 млн лет.

2. Всем средне-основным раннекаменноугольным вулканитам Южного Урала свойственны геохимические характеристики как надсубдукционных, так и внутриплитных образований, причем признаки внутриплитного формирования проявлены отчетливее в вулканитах восточных зон. Вместе с тем, составы кислых вулканитов во всех зонах не обнаруживают статистически значимых различий и близки к среднему составу верхней коры континентов.

3. Этапы раннекаменноугольного вулканизма в Магнитогорской и Кочкарско-Адамовской зонах разнесены по времени с интервалами плутонической активности, но соизмеримы с ними по длительности (8-12 млн лет). Выделено два этапа плутонической деятельности, причем для первого из них отмечается отчетливое смещение по времени на 8 млн лет с запада на восток (от Магнитогорской зоны к Кочкарско-Адамовской), а второй проявлен в обеих зонах синхронно. Время формирования плутонических комплексов соответствует авулканогенным этапам, когда происходило накопление осадочных комплексов.

Научная новизна.

1. Впервые разработана общая корреляционная схема для раннекаменноугольных вулканитов Восточного Урала и Зауралья.

2. Выявлен пространственно-временной тренд развития вулканитов, характеризующий последовательную миграцию начала раннекаменноугольной вулканической активности с запада на восток.

3. Создана единая полная геохимическая база данных для раннекаменноугольных вулканитов Южного Урала.

4. Показано, что плутонические комплексы в различных тектонических зонах формируются главным образом асинхронно с эпизодами вулканизма, во время накопления осадочных комплексов.

Практическое и научное значение.

1. Разработанные схемы корреляции вулканических комплексов используются при проведении региональных геологических исследований различного масштаба, а их характерные петрографические и геохимические признаки важны для составления локальных корреляционных стратиграфических схем.

2. Часть выделенных стратиграфических подразделений утверждена в Легенде Южноуральской серии Госгеолкарты-200 второго издания.

3. Результаты проведенных работ особенно важны для развития представлений о формировании вулканно-плутонических поясов, понимания их роли и места в общегеологической структуре региона.

4. Полученные результаты позволяют по-новому оценить перспективы изученной территории на многие полезные ископаемые, поскольку с раннекаменноугольными магматическими комплексами связаны многочисленные рудные объекты, в том числе Магнитогорское скарновое железорудное месторождение и ряд месторождений золота.

Фактический материал.

В основу настоящей работы положены региональные геологические исследования на Южном Урале, проводимые Уральской геологосъемочной партией геологического факультета МГУ по Государственному контракту с МПР РФ. Автор в течение последних 7 лет принимала непосредственное участие в этих среднемасштабных геологосъемочных работах по подготовке второго издания геологических карт масштаба 1:200 000 листов N-41-XXV и N-40-XXXVI. Кроме того, в работе использованы материалы, полученные при разработке тем по программам "Ведущие Научные Школы" (гранты в 2003–2005 гг., НШ-326.2003.5, и в 2006 г., НШ-5280.2006.5), "Университеты России" и Федеральной целевой научной программе "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники" (2006-РИ-16.0/006/104).

В работе использованы описания около 500 шлифов (помимо 200 авторских, использованы описания И.А. Кошелевой и А.В. Рудаковой), результаты 991 анализа на петрогенные элементы и 216 анализов на элементы-примеси, в том числе авторских 324 и 79 соответственно.

Публикации и апробация работы.

По теме диссертации автором лично и в соавторстве опубликовано 28 печатных работ, из них 1 коллективная монография, 2 статьи в монографических сборниках (1 в печати), 3 статьи в реферируемых журналах (1 на английском и 2 на русском языке, из них 1 в печати), 1 отчет по научно-исследовательским работам, 16 кратких сообщений в периодических и продолжающихся изданиях, а также 6 тезисов докладов. Основные положения диссертации докладывались автором на заседании кафедры региональной геологии и истории Земли геологического факультета МГУ, а также на многочисленных конференциях разного ранга, в том числе: на Международном Геологическом конгрессе 2004 года (Флоренция, Италия), Международном симпозиуме "Происхождение, эволюция и динамика Земли – будущие и современные исследования" 2005 года (Мисаса, Япония), конференции Международного геологического общества 2006 года (Вена, Австрия), на Всероссийских Тектонических совещаниях (2003, 2004, 2006 гг., Москва), симпозиумах "Вулканизм и геодинамика" (2003 г., Екатеринбург; 2006 г., Улан-Удэ), молодежных конференциях "Ломоносов"

(2003, 2004, 2006 гг., Москва), "Геологи XXI века", (2003, 2004 гг., Саратов), "Геология и геоэкология" (2002 г., Апатиты; 2004 г., Санкт-Петербург).

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из 9 глав, введения и заключения. Она включает в себя 123 страницы текста, 94 рисунка, фотографии и таблицы, сопровождается списком литературы из 143 наименований.

Благодарности.

Научным руководителем данной работы является Ал.В. Тевелев, и ему автор выражает особую признательность за всестороннюю помощь. Диссертация подготовлена на кафедре региональной геологии и истории Земли, автор выражает благодарность всему коллективу, особенно заведующему кафедрой А.М. Никишину, коллегам М.В. Коротаеву и П.Л. Тихомирову. Автор искренне признательна И.А. Кошелевой, Арк.В. Тевелеву и другим сотрудникам Уральской геологосъемочной партии, с которыми было проведено множество интереснейших полевых сезонов. Особую признательность автор выражает А.Б. Веймарну К.Е. Дегтяреву, Э.М. Спиридонову и В.С. Попову за многочисленные консультации и интерес к работе. Автор благодарит В.Н. Пучкова и О.В. Артюшкову за ценные совместные работы. Огромное спасибо студентам геологического факультета А.В. Рудаковой, Ю.Г. Краснояровой и М.А. Фуриной за помощь в оформлении работы. Автор рад случаю поблагодарить своих родных и близких за понимание и поддержку.

Глава I. Изученность раннекаменноугольных вулканических комплексов Южного Урала

В данной главе подробно рассмотрена история изучения раннекаменноугольного вулканизма на Южном Урале. Большой вклад в эти исследования внесли В.В. Бочкарев, И.А. Бурикова, К.Е. Дегтярев, Т.В. Дианова, К.С. Иванов, Л.Я. Кабанова, Л.В. Кашина, В.А. Коротеев, А.М. Косарев, И.А. Кошелева, Л.С. Либрович, В.М. Мосейчук, В.Н. Пучков, Д.Н. Салихов, И.Б. Серавкин, В.И. Сначев, Т.Н. Сурин, Ал.В. Тевелев, Т.И. Фролова, Г.И. Чайко, Е.П. Щулькин, Р.Г. Язева А.В. Яркова и многие другие геологи съемочных, тематических партий и научных учреждений.

Глава II. Особенности геологического строения и состава раннекаменноугольных вулканических комплексов Магнитогорской зоны

В настоящей главе рассмотрены раннекаменноугольные вулканогенные образования Магнитогорской зоны, приуроченные обычно к ее восточной части, собственно Восточно-Магнитогорской зоне. В пределах последней выделен ряд подзон (с запада на восток): Кизильская, Магнитогорская, Кипчакская, Гумбейская для которых характерны различные типы нижнекаменноугольных разрезов (рис. 1). Вулканиды встречаются практически на всех уровнях нижнего карбона и представлены

магнитогорской серией, в которую входят березовская и греховская свиты (Вулканизм..., 1992; Салихов, Яркова, 1992; Мосейчук и др., 2000).

Березовская свита сложена в основном умеренно-щелочными вулканитами. Она, как правило, согласно залегает на подстилающих образованиях. Преобладающими породами являются трахибазальты, базальты, риодациты, риолиты, реже встречаются трахириодациты, трахириолиты, трахиандезибазальты, андезибазальты, трахиандезиты, андезиты. Кроме лав указанного состава, в разрезах широко распространены пирокластические породы, а также вулканогенно-осадочные и осадочные. Мощность свиты от 300–500 до 4200 м.

Возраст березовской свиты хорошо обоснован находками органических остатков, в основном фораминиферами, из прослоев известняков. Самые древние вулканиты появляются в першинском горизонте верхнего турне (Кизильская и, возможно, Кипчакская подзоны). Наиболее устойчиво подошва березовской свиты прослеживается с кизеловского горизонта верхнего турне, а кровля фиксируется по перекрытию ее греховской или кизильской свитами (Салихов, Яркова, 1992).

Греховская свита залегает на березовской и представлена трахибазальтами, трахиандезитами, трахириодацитами, реже базальтами, трахиандезибазальтами, андезибазальтами, андезитами, риолитами, изредка дацитами и трахидацитами; их кластолавами, туфами, ксенотуфами, туффитами, туфогенно-осадочными породами различной зернистости с прослоями известняков. Мощность свиты меняется от 1300 до 3300 м. Она перекрыта известняками кизильской свиты.

Возраст греховской свиты определен по находкам органических остатков в прослоях известняков среди вулканитов. Стратиграфическое положение ее подошвы крайне неустойчиво (от косьвинского до жуковского горизонтов), но, как правило, расположено вблизи границы нижнего и верхнего визе. Кровля свиты проходит внутри каменск-уральского горизонта (Салихов, Яркова, 1992).

Породам березовской и греховской свит свойственно бимодальное распределение по кремнекислотности, они представлены нормальными и субщелочными базальтами и риолитами при подчиненном распространении промежуточных разностей. Базальтам свойственны повышенные содержания TiO_2 и Al_2O_3 , а также их значительный разброс, кремнекислые разности характеризуются повышенной щелочностью. На АFМ-диаграммах фигуративные точки составов пород попадают в поле известково-щелочных образований. В целом вулканиты характеризуются некоторой обогащенностью всеми некогерентными элементами, но выделяется минимум по Nb, для кремнекислых разностей обычен Eu минимум, содержания Sr варьируют в широких пределах.

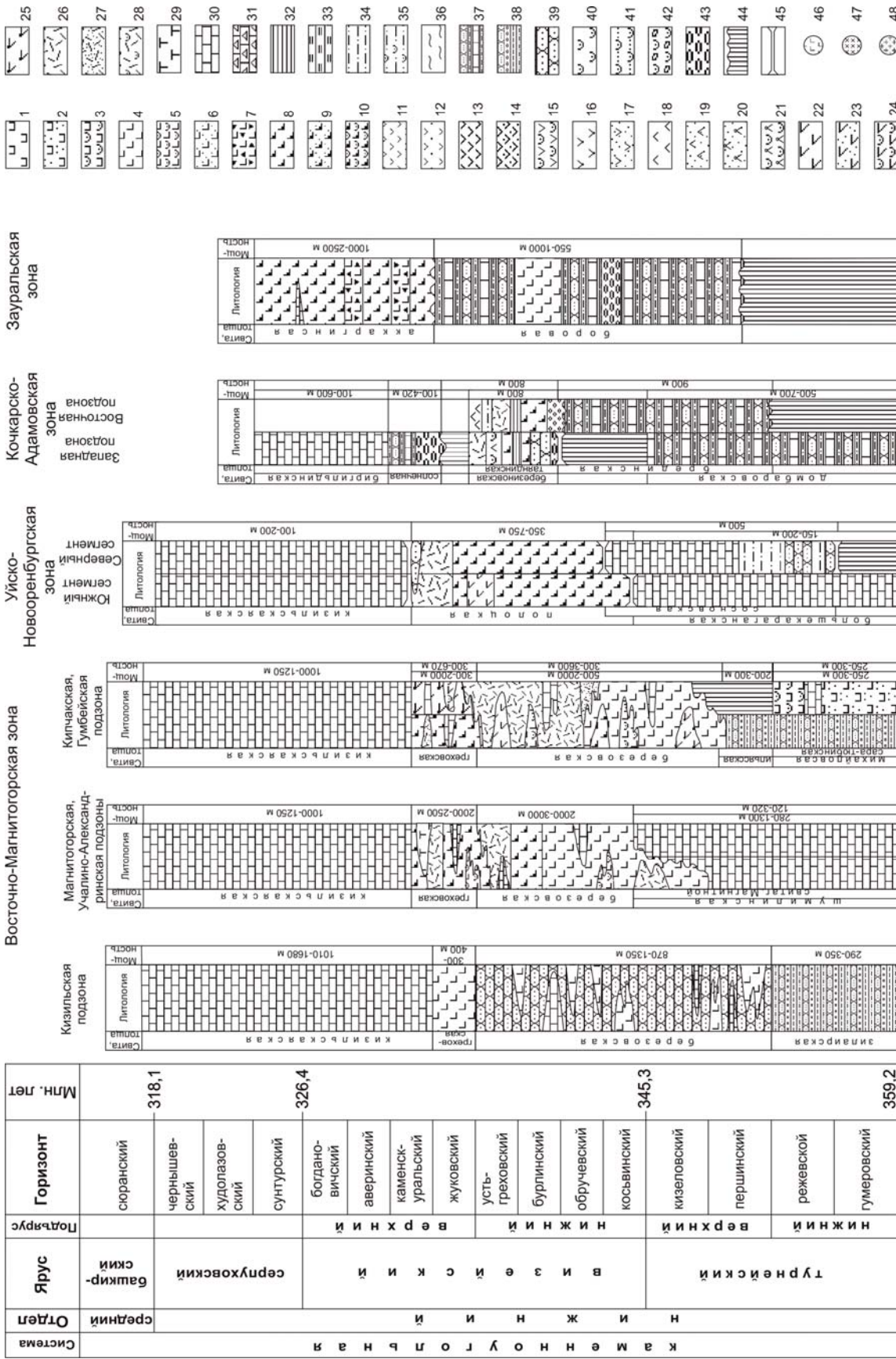


Рис. 1. Схема сопоставления разрезов нижнекаменноугольных вулканогенных комплексов Южного Урала

Условные обозначения к рис. 1:

1-3 – пикриты и пикробазальты: 1 – лавы, 2 – туфы, 3 – туффиты; 4-7 – базальты: 4 – лавы, 5 – туфы, 6 – туффиты, 7 – брекчии и туфобрекчии; 8-10 – трахибазальты: 8 – лавы, 9 – туфы, 10 – туффиты; 11 – андезиты, андезибазальты; 12 – туфы андезитов, андезибазальтов; 13, 14 – красноцветные (континентальные) вулканиды: 13 – андезиты, 14 – туфы андезитов; 15 – туффиты андезитов; 16,17 – трахиандезиты: 16 – лавы, 17 – туфы; 18, 19 – дациты: 18 – лавы, 19 – туфы, 20, 21 – трахидациты: 20 – туфы; 21 – туффиты; 22-24 – риодациты: 22 – лавы, 23 – туфы, 24 – туффиты; 25 – трахириодациты; 26-28 – риолиты и трахириолиты: 26 – лавы, 27 – туфы, 28 – туффиты; 29 – трахиты; 30 – известняки; 31 – известняки брекчированные и известковистые конгломераты; 32 – аргиллиты; 33 – яшмы; 34 – алевролиты; 35 – туффиты и туфопесчаники с прослоями алевролитов; 36 – полевошпат-кварц-серицитовые сланцы по вулканидам; 37 – песчаники и алевролиты с прослоями известняков; 38 – песчанки и алевролиты; 39 – песчаники; 40 – туффиты; 41 – туфопесчаники; 42 – туфоконгломераты; 43 – конгломераты; 44 – стратиграфический перерыв и стратиграфическое несогласие; 45 – характер первичных контактов не ясен; 46 – габброиды; 47 – гранодиориты, 48 – граниты.

Глава III. Особенности строения раннекаменноугольных вулканических комплексов Уйско-Новооренбургской зоны

Уйско-Новооренбургская шовная зона отделяет Восточномагнитогорскую зону от Кочкарско-Адамовской и представляет собой пакет круто стоящих тектонических пластин. Здесь выделяется вулканогенно-осадочная *полоцкая* толща, представленная в различной степени метаморфизованными трахибазальтами, трахириолитами, трахириодацитами; их туфами, туффитами; реже базальтами, трахиандезибазальтами, риолитами, риодацитами, аповулканогенными зелеными сланцами с прослоями углистых метаалевролитов, мраморизованных известняков и мраморов (рис. 1). Мощность ее – 1000-1400 м. В известняках полоцкой толщи собраны многочисленные органические остатки визейского возраста (от верхов косьвинского по низы каменск-уральского горизонта) (Салихов, Яркова; 1992; Тевелев, Кошелева, 2002).

Петрохимически породы полоцкой толщи относятся к дифференцированной умеренно- и высокотитанистой известково-щелочной серии, к умеренно-щелочному ряду с калиево-натриевым типом щелочности. Вулканиды характеризуются широким спектром составов, на гистограмме кремнекислотности распределение близко к полимодальному, а на классификационной диаграмме TAS фигуративные точки их составов попадают в поля развития самых разнообразных пород, преимущественно повышенной щелочности, от трахибазальтов до трахириолитов. Породам свойственна повышенная железистость, высокое отношение $K/(K+Na)$, достаточно большой разброс по содержанию TiO_2 с преобладанием умеренно- и высокотитанистых разностей. Линия нормированного тренда распределения редкоземельных элементов имеет

пологий наклон, субпараллельна таковой для обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов, но отличается более высокими содержаниями всех РЗЭ. Также в вулканитах полоцкой толщи повышены и имеют большой разброс содержания крупноионных и высокозарядных элементов.

Глава IV. Особенности строения раннекаменноугольных вулканических комплексов Кочкарско-Адамовской зоны

Кочкарско-Адамовская зона располагается к востоку от Восточно-Магнитогорской. Она имеет симметричное строение: в центральной части расположен крупный выступ пород докембрийского и палеозойского возраста, а с запада и востока на него надвинуты пакеты тектонических пластин, в строении которых и участвуют раннекаменноугольные вулканиты. Среди них в западной части зоны выделяется *березиновская* толща, которая согласно залегает на терригенной домбаровской свите, а на востоке вулканогенные породы участвуют в строении *таяндинской* толщи (рис. 1). Последняя залегает на угленосной брединской свите турне – раннего визе (Магматизм..., 1990; Тевелев, Кошелева, 2002).

Березиновская толща сложена пачками вулканогенных, вулканогенно-осадочных, осадочных пород мощностью от первых метров до сотен метров при общей мощности более 1500 м. В низах ее присутствуют туфогенно-осадочные и терригенные породы, разнообразные базальтоиды, их туфы и брекчии. Верхи сложены средними, кислыми вулканитами, которые перекрываются литокластическими туфами базальтоидов с обломками риолитов, риодацитов. В составе березиновской толщи наибольшим распространением пользуются порфиоровые трахибазальты и базальты с массивной и шаровой текстурой. Среди кислых эффузивов типичны порфиоровые и флюидальные сферолитовые риолиты. Возраст толщи по редким сборам органических остатков устанавливается как визейский (по данным Р.Н. Шагиной и др., 1974 г.).

Таяндинская толща – аналог березиновской на востоке Кочкарско-Адамовской зоны – сложена туфогенно-осадочными породами, выше которых залегают долериты, спилиты, миндалекаменные базальты, андезибазальты, андезиты, андезидациты, риолиты, и их туфы. Мощность толщи 800 м.

Петрохимически вулканиты березиновской и таяндинской толщ близки между собой. Они относятся к нормальной и умеренно-щелочной, высокотитанистой, умеренно-глиноземистой, натриевой и калиево-натриевой серии. Березиновская толща отличается бимодальным распределением по кремнекислотности, в то время как единственный максимум таяндинской толщи отвечает андезибазальтам-андезитам. На классификационной диаграмме TAS фигуративные точки составов пород березиновской толщи попадают в области развития различных пород, но в целом концентрируются в полях базальтов и риолитов при подчиненном развитии промежуточных разностей. Точки составов пород таяндинской толщи группируются в

полях андезибазальтов и трахиандезибазальтов. На большинстве диаграмм вулканиты березиновской свиты занимают весьма обширное поле, четко выраженные эволюционные тренды для них нетипичны.

Нормализованные тренды распределения редкоземельных элементов в вулканитах березиновской и таяндинской толщ близки между собой, они характеризуются небольшим наклоном линии, отношение La/Yb достигает 7 для пород березиновской толщи и 3-5 – для таяндинской. Последним более свойственно накопление тяжелых РЗЭ. Содержания Sr и Zr в вулканитах березиновской толщи варьируют в широких пределах, выделяется небольшой ниобиевый минимум.

Глава V. Особенности раннекаменноугольных вулканических комплексов Зауральской зоны

В данной главе рассмотрены особенности раннекаменноугольных вулканических комплексов Зауральской зоны, расположенной к востоку от Восточно-Уральской и отделенной от нее узкой шовной Копейской зоной. Зауральская зона объединяет в себе две зоны, принятые в легенде Южно-Уральской серии (Легенда..., 1998): Нижнесанарско-Текельдытаускую и Троицко-Буруктаальскую. В работе не рассматриваются более восточные ареалы развития раннекаменноугольных вулканитов (Александровская, Валерьяновская зоны), так как, по мнению автора, они относятся уже к активной окраине Палеоказахстанского континента и принципиально отличаются от изученных образований.

Раннекаменноугольные вулканические образования представлены в Зауральской зоне аккаргинской толщей (рис. 1). В Карталинском районе она выделена в процессе проведения ГДП-200 территории листа N-41-XXV Уральской ГСП МГУ под руководством Ал.В. Тевелева при непосредственном участии автора (Тевелев, ..., Правикова и др., 2004 г.) совместно с К.Е. Дегтяревым (ГИН РАН). По результатам этих работ аккаргинская толща выделена из единого поля вулканитов, целиком относимых ранее (Щулькин, 1990 г.) к ордовикской увельской свите.

Аккаргинская толща слагает две меридиональные полосы: западную – на меридиане пос. Новокатенино, и восточную – в районе Михеевского и Новониколаевского медно-порфировых месторождений. Большинство контактов толщи сорваны, она находится в целом в неясной тектонической позиции, но вероятно залегает несогласно на нижневизейской терригенной боровой толще.

В аккаргинской толще преобладают вулканогенные породы основного состава – базальты, андезибазальты, базальтовые брекчии, гиалокластиты и туфы, реже андезиты, их туфы; существенную часть толщи составляют метаморфизованные разности вулканитов – амфиболиты, амфиболовые сланцы, в подчиненном количестве встречаются туффиты, известняки, туфоконгломераты, туфопесчаники, кремнистые сланцы, аргиллиты, полимиктовые песчаники, а также сланцы низких степеней

метаморфизма. В целом для аккаргинской толщи отмечается меридиональная латеральная зональность, выражающаяся в увеличении с севера на юг количества пирокластического и осадочного материала. В средней части площади отмечается большое количество гиалокластитов. Возраст аккаргинской толщи доказан фаунистически и определяется как поздневизейско–серпуховской (Тевелев, ..., Правикова и др., 2005).

Петрографически среди пород аккаргинской толщи наиболее распространены порфировые базальты, лавовые брекчии основного состава, афировые базальты, порфировые миндалекаменные базальты и гиалокластиты.

Геохимически аккаргинские вулканиты относятся к базальтовой натриевой, калиево-натриевой серии, к нормальному (62 % анализов) и умеренно-щелочному рядам. Характерными особенностями аккаргинских вулканитов являются незначительный разброс по кремнекислотности, высокая титанистость и быстрый рост содержания TiO_2 (от 0,5% до 3,5%) со снижением концентраций MgO . Содержания всех петрогенных оксидов выявляют отчетливую корреляцию не с SiO_2 , а с MgO . На классификационной диаграмме TAS фигуративные точки составов пород попадают в поле развития базальтов и трахибазальтов, в меньшей степени – андезибазальтов и трахиандезибазальтов.

Нормированный тренд распределения редкоземельных элементов отличается незначительным наклоном, отношение La/Yb в породах составляет 2,5-3,0, что связано не с дефицитом легких РЗЭ, а с обогащенностью базальтоидов тяжелыми. В целом аккаргинские вулканиты характеризуются накоплением крупноионных элементов (в 10-15 раз сравнительно с N-MORB) и близкими к N-MORB значениями концентрациями высоkozарядных элементов. Отмечаются небольшие минимумы Nb и Sr. Примечательна четкая корреляция концентраций Nb и Zr, свидетельствующая о едином источнике аккаргинских вулканитов (Тевелев, ..., Правикова и др., 2005).

Глава VI. Корреляция раннекаменноугольных вулканических комплексов Южного Урала

На схеме корреляции раннекаменноугольных вулканических комплексов отчетливо видно омоложение начала вулканической деятельности с запада на восток (рис. 1). В самых западных частях Восточно-Магнитогорской зоны первые вулканиты появляются в першинском горизонте верхнего турне, в Уйско-Новооренбургской – в низах визейского яруса. В Кочкарско-Адамовской зоне активный вулканизм начинается в середине раннего визе, а развитая в Зауральской зоне аккаргинская толща базальтов имеет поздневизейско-серпуховской возраст. Временной интервал между началом вулканической деятельности в самых западных и самых восточных зонах составляет порядка 20 млн лет. При этом в пределах отдельных подзон Восточно-Магнитогорской зоны также отмечается омоложение вулканизма с запада на восток, а в

самом крупном Магнитогорско-Богдановском грабене описано постепенное смещение вулканических центров с юга на север (Фролова, Бурикова, 1977; Салихов, Яркова, 1992).

В целом разрезы раннекаменноугольных вулканических комплексов близки в отдельных подзонах, но различаются в отдельных зонах. Так в Восточно-Магнитогорской зоне широкое развитие имеют кремнекислые вулканиты, в то время как в Уйско-Новооренбургской и Кочкарско-Адамовской они занимают подчиненное положение, а аккаргинская толща Зауралья включает в себя вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы практически исключительно основного состава.

Большинство из изученных вулканогенных толщ имеет контрастный состав, включая продукты и коровых, и мантийных очагов при небольшом распространении пород среднего состава. Подобные петрохимические серии типичны для целого ряда геодинамических обстановок, в том числе: островных дуг, активных окраин континентов, задуговых бассейнов и континентальных рифтов.

Выборки кремнекислых каменноугольных вулканитов Южного Урала не обнаруживают статистически значимых различий. Состав большей части пород подобен среднему составу верхней коры континентов (Taylor, MacLennan, 1985). Для вулканитов Восточно-Магнитогорской, Уйско-Новооренбургской и Кочкарско-Адамовской зон типична повышенная щелочность. К региональным геохимическим особенностям кислых вулканитов можно отнести невысокое калий-натровое отношение, контрастный Nb минимум и Zr максимум. Судя по невысоким K/Na отношениям и Nb аномалиям, в коровом источнике значительную роль играли древние комплексы активных континентальных окраин.

Состав средне-основных пород подчиняется более сложным закономерностям. Изученные выборки делятся на два крупных кластера (Тевелев, ..., Правикова и др., 2005): (1) вулканиты Восточно-Магнитогорской и Уйско-Новооренбургской зон (березовская и греховская свиты, полоцкая толща) и (2) вулканиты Кочкарско-Адамовской и Зауральской зон (березиновская, таяндинская и аккаргинская толщи). При равных содержаниях оксида магния породы второго кластера отличаются более низкими содержаниями Al_2O_3 и более высокими – TiO_2 . Вулканитам второго кластера свойственна более высокая железистость, что обусловило отклонение их трендов к полю толеитовой серии на AFM-диаграммах.

Содержания несовместимых литофильных элементов в базитах варьируют между таковыми эталонных обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов (E-MORB) и базальтов островных дуг (OIB). Для пород березовской и греховской свит типичен Nb минимум. В вулканитах полоцкой и березиновской толщ этот минимум выражен слабее, а для всех остальных подразделений количественные данные по содержаниям ниобия оказались недоступны. Породам полоцкой толщи свойственны наиболее высокие содержания Rb, что согласуется с

повышенной калиевой щелочностью этих вулканитов. Еще одной специфической чертой полоцкой, а также таяндинской и аккаргинской толщ, являются высокие содержания Zr и тяжелых РЗЭ, заметно превосходящие этот показатель в океанических эталонах. Соответственно, La_n/Yb_n отношение в породах этих трех толщ низкое и не превышает 3-5, в то время как в прочих раннекаменноугольных вулканитах оно колеблется в более широких пределах, достигая 8 (греховская свита) и 14 (березовская свита).

В первом приближении, образования Восточно-Магнитогорской и Уйско-Новооренбургской зон отвечают производным известково-щелочной серии – маркерам активных зон перехода континент-океан, но несколько отличаются от них повышенной щелочностью и титанистостью, характерными для внутриплитных вулканитов. Общее обогащение и разброс содержаний крупноионных и высокозарядных элементов, свойственные вулканитам полоцкой толщи, во многом напоминают признаки образований континентальных рифтов, главными источниками магм для которых являются астеносфера и/или неравномерно метасоматизированная субконтинентальная мантия (Bedini et al., 1997).

Породы Кочкарско-Адамовской и Зауральской зон на многих диаграммах обнаруживают отклонение к толеитовому тренду, что вместе с повышенной щелочностью и титанистостью указывает на их вероятную рифтогенную природу. Эволюция расплавов при относительно низком кислородном потенциале подтверждается не только их повышенной железистостью, но и обратной корреляцией MgO и TiO₂. Признаки наиболее интенсивного растяжения при высоком тепловом потоке присущи однородным базальтоидам аккаргинской толщи, во многом подобным MORB, но все же отличающимся от них повышенными содержаниями всех некогерентных литофильных элементов, особенно Y и тяжелых РЗЭ. Базиты таяндинской толщи на большинстве диаграмм занимают то же поле, что и породы аккаргинской толщи, отличаясь лишь несколько более высокой кислотностью. Не исключено, что они сформированы за счет того же мантийного источника, но испытали более длительное кристаллизационное фракционирование.

Наиболее вероятной причиной непостоянства состава базальтоидов березиновской толщи является гетерогенность источника. Входящая в их состав группа низкощелочных базальтов по большинству характеристик близка вулканитам океанов, промежуточным между N-MORB и E-MORB. Остальные породы данного подразделения заметно обогащены как крупноионными, так и высокозарядными элементами и вполне типичны для внутриплитных обстановок.

Сравнительно невысокие La/Yb отношения во всех изученных вулканитах средне-основного состава указывают на отсутствие значимого количества граната в рестите и, следовательно, на относительно небольшие глубины магмогенерации (менее 70 км).

Таким образом, породы всех рассмотренных подразделений несут признаки как надсубдукционного, так и внутриплитного вулканизма, причем признаки внутриплитного формирования проявлены отчетливее в вулканитах восточных зон (березиновская, таяндинская, а особенно аккаргинская и полоцкая толщи).

Глава VI. Соотношение позднедевонских и раннекаменноугольных вулканических комплексов Южного Урала

В настоящей главе дано описание комплексов, сформировавшихся непосредственно перед началом раннекаменноугольного вулканизма. Особое внимание уделено анализу позднедевонских вулканических комплексов, поскольку именно изменение характера вулканической деятельности и состава ее продуктов фиксирует смену геодинамических режимов.

Между временем образования фаменских и раннекаменноугольных вулканитов в каждой из отдельных зон существовал некий авулканический этап, в течение которого либо накапливались терригенно-карбонатные толщи (свита горы Магнитной, михайловская и ильяская в Восточно-Магнитогорской зоне, большекараганская и сосновская толщи в Уйско-Новооренбургской, домбаровская и брединская в Кочкарско-Адамовской и боровая в Нижнесанарско-Текельдытауской), либо происходил размыв (рис. 2). Наиболее длительные перерывы, охватывающие практически весь фамен и часть раннего турне, отмечаются для Кочкарско-Адамовской зоны.

В пределах Восточно-Магнитогорской зоны позднефранский (аблязовская толща) и фамен-раннетурнейский (новоивановская, шумилинская толщи) вулканизм развиваются без заметного перерыва и обычно относятся к одному этапу (Мосейчук и др., 2000). Однако химизм вулканитов кардинальным образом меняется на границе фран/фамен. Низкотитанистые серии позднего франга сменяются высокотитанистыми, а в породах появляются аномально высокие содержания Rb, K, Sr, Th и легких РЗЭ, повышенные – Nb, Ta, Hf, Zr, Eu и тяжелых РЗЭ (Мосейчук и др., 2000). Эти геохимические метки не характерны для предшествующих (среднедевонских) надсубдукционных образований. Важно отметить, что смена типа вулканизма происходит достаточно быстро и повсеместно в Восточно-Магнитогорской зоне. Наиболее близки к внутриплитным образованиям пикробазальты и пикриты сара-тюбинской толщи фамена – раннего турне.

Таким образом, смена среднедевонско-раннефранского островодужного вулканизма на раннекаменноугольный, предположительно внутриплитный рифтогенный происходит через промежуточную стадию, позднефранско-фаменскую, причем вулканизм этой стадии отличается и от того, и от другого, прежде всего повышенной калиевостью основных вулканитов.

Следует еще раз отметить, что по содержанию TiO_2 позднефранские вулканиды ближе к раннефранским, а фаменские – к раннекаменноугольным. Исключение составляет Нижнесанарско-Текельдытауская зона, где геохимический тип фаменского вулканизма ближе к островодужному. Следует также отметить смену палеогеографических обстановок: начиная с фаменского времени для вулканических комплексов в большей степени характерно сочетание с известняками, а не с кремнями.

Эмпирическая зависимость типа раннекаменноугольного вулканизма от позднедевонского выглядит следующим образом. В Восточно-Магнитогорской зоне, где широко проявлен фаменский вулканизм с нетипичными для островодужных образований характеристиками, раннекаменноугольные вулканиды, наоборот, из всех таковых ближе всего к надсубдукционным. В пределах Уйско-Новооренбургской и Кочкарско-Адамовской зон, где отложения фаменского возраста неизвестны и, скорее всего, здесь в фамене было поднятие и размыв, развиты вулканиды также со смешанными признаками надсубдукционных и внутриплитных образований, но ближе к внутриплитным. Аккаргинская же толща, сложенная исключительно базальтами, развита в Нижнесанарско-Текельдытауской зоне, где в фаменское время был проявлен вулканизм близкий к островодужному.

Глава VIII. Корреляция раннекаменноугольных вулканических и плутонических комплексов Южного Урала

В этой главе в общей схеме (рис. 3) сопоставлены разрезы вулканических комплексов раннего карбона и практически все известные в настоящее время изотопные датировки плутонических комплексов этого возраста. Основная сложность составления общей корреляционной схемы магматических комплексов состоит в том, что интрузивные массивы, как правило, датированы изотопными методами по абсолютной, геохронологической шкале, а возраст вулканических комплексов определяется по фауне и привязан к относительной, стратиграфической шкале. В работе использована геохронологическая шкала (Gradstein et al, 2004), предложенная 32-м Международным геологическим конгрессом (2004 г.). В пределах Магнитогорской зоны рассмотрены следующие интрузивные массивы раннего карбона (с севера на юг): Сыростанский, Тургойский, Карагайкульский и Старобалбуковский Петропавловский, Заматохинский, Кассельский, Куйбасовский, Мосовский, Магнитогорский, а в Кочкарско-Адамовской зоне – Челябинский, Чернореченский, Каменский, Кособродский, Неплюевский, Ключевской, Куртмакский, Северо-Каиндинский и Каиндинский, а также мелкие тела черкасинского и биргильдинско-томинского комплексов. Все рассмотренные в главе интрузивные массивы имеют изотопные возрастные датировки, которые, правда, не всегда равноценны. Основная часть использованных датировок получена Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, Pb-Pb и Ar-Ar методами, а в качестве дополнительных, при отсутствии более надежных,

использованы К–Аг датировки.

В результате в пределах Магнитогорской и Кочкарско-Адамовской зон Южного Урала выделены два главных раннекаменноугольных интервала формирования plutонических комплексов.

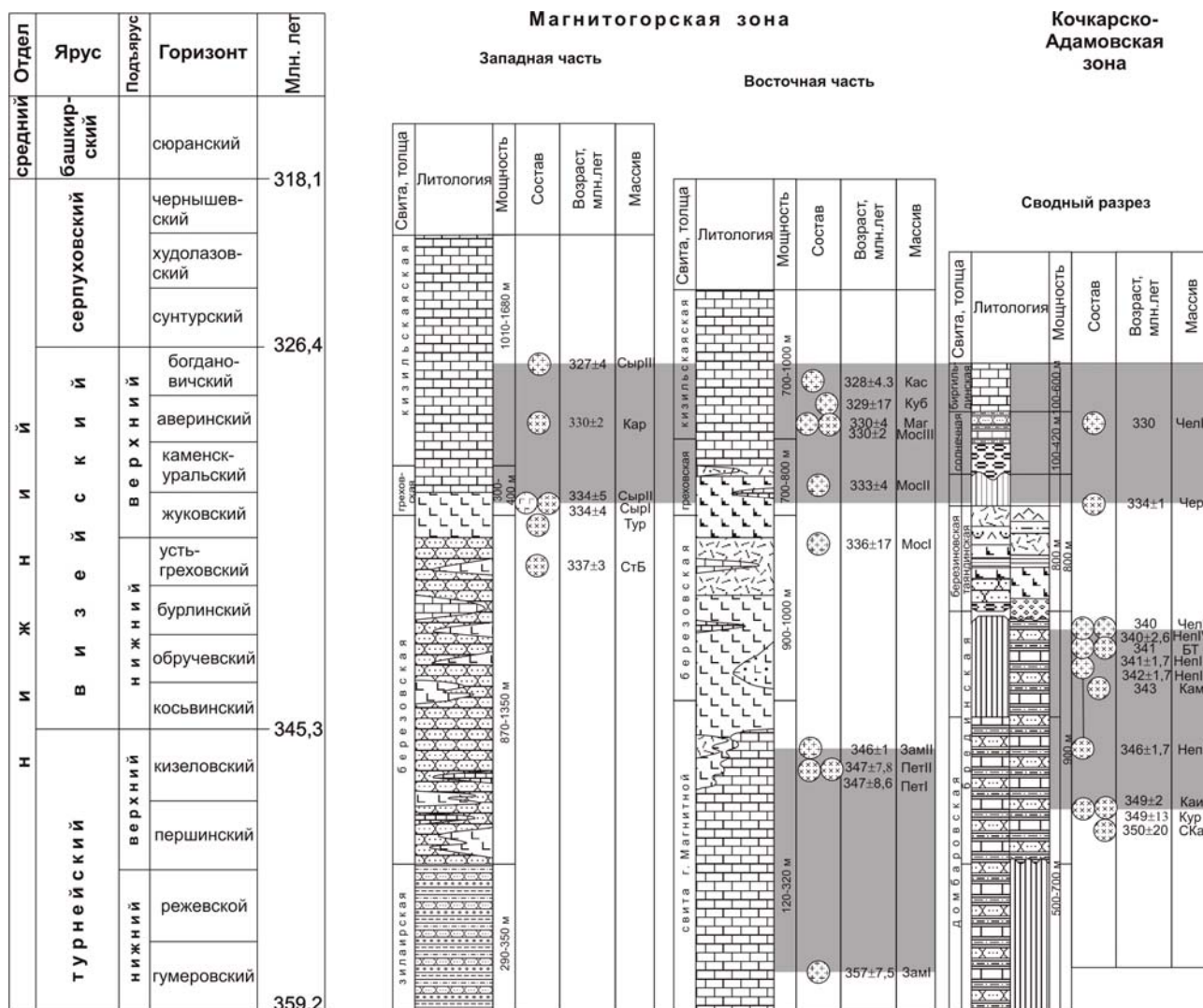


Рис. 3. Схема сопоставления разрезов нижнекаменноугольных вулканогенных комплексов и датировок интрузивных массивов в Магнитогорской и Кочкарско-Адамовской зонах Южного Урала. Условные обозначения см. на рис. 1.

Первый соответствует времени 357–346 млн лет в пределах Магнитогорской зоны и 349–340 млн лет в Кочкарско-Адамовской. В это время внедрялись массивы тоналитового и гранодиоритового ряда с существенным количеством адамеллитов. Второй интервал охватывает период 334–327 млн лет в обеих зонах. В Магнитогорской зоне для него характерны габбро-гранитные серии, часто повышенной щелочности, а в Кочкарско-Адамовской – диорит-тоналит-плагиигранитные. Выделенные интервалы plutонической деятельности не только примерно одинаковы по продолжительности, но и близки по отношению к тектоническим обстановкам. В обоих случаях им

соответствует спокойная обстановка, характеризующаяся накоплением осадочных комплексов (карбонатных и терригенно-угленосных). Таким образом, формирование плутонических комплексов раннего карбона на Южном Урале оказывается синхронным не фазам тектогенеза, а фазам стабилизации, сопровождавшимся накоплением тонкотерригенных и карбонатных осадков.

Этапы вулканизма проявлены неравномерно, но укладываются главным образом между интервалами плутонической деятельности, вследствие чего активные проявления вулканической и плутонической деятельности оказываются разнесенными по времени. При этом этапы вулканической и плутонической деятельности вполне соизмеримы по продолжительности (8-12 млн лет). Для раннего интервала отмечается отчетливое смещение во времени проявлений плутонической деятельности с запада на восток, что в целом соответствует характеру миграции раннекаменноугольной вулканической деятельности.

Глава IX. Геодинамическая позиция раннекаменноугольных комплексов в общей истории развития региона

В начале главы приводится детальный обзор представлений о развитии Южного Урала в раннем карбоне и смежных эпохах. Насчитывается более десятка различных, часто диаметрально противоположных вариантов геодинамических реконструкций. Зачем же потребовалась еще одна? К сожалению, большинство из предложенных моделей являются относительно "глобальными", то есть оперируют мегазонами и охватывают очень широкий временной интервал (в лучшем случае – весь ранний карбон). Такой подход не позволяет учитывать детали: узкие зоны раннекаменноугольных вулканитов, развитые между хорошо известными Магнитогорской и Валерьяновской зонами в пределах Кочкарско-Адамовской и Зауральской зон; кинематику отдельных блоков и разрывных зон, которая для карбона изучена сейчас достаточно подробно. Кроме того, Восточно-Европейский континент, участвующий во всех без исключения реконструкциях, обычно рассматривается как "жесткий блок", никак не реагирующий на события, происходящие на его окраине.

Современные геодинамические реконструкции, как правило, основываются на взаимном учете плитнотектонических и плюмтектонических процессов (Никишин, Якубчук, 2002; Ручков, 2003; Веймарн и др., 2002, 2005 и др.). Автором предпринята попытка построения подобной модели, в которой учтены также и кинематика главных разрывных зон, и реакция Восточно-Европейского палеоконтинента. Однако автор, конечно же, отдает себе отчет в том, что эта модель – всего лишь одна из многих, у нее есть свои плюсы, но и несомненно, свои недостатки.

Рассмотрение геодинамики раннего карбона невозможно без анализа ближайших предшествующих этапов развития, по крайней мере, позднего девона. Одним из основных событий в позднем девоне было формирование глобального

суперплюма, проявленного и на Урале (Веймарн и др., 2002, 2005). Первый импульс суперплюма отвечает последней трети франского века, а второй, более интенсивный, выпадает на границу фран/фамен (Веймарн, Корнеева, 2007, в печати).

Ключевым моментом позднедевонской истории Восточного Урала является коллизия Восточно-Европейского континента и Магнитогорской островной дуги в середине франского века, которая находит отражение не только в изменении структуры самой дуги, но и в структурных перестройках на платформе (Фокин, Никишин, 1999). Вследствие этой коллизии зона субдукции восточной полярности, предполагаемая в большинстве моделей последнего времени (Серавкин, 1997; Пучков, 2000, 2005 и мн. др.), видимо, закончила свое развитие, хотя остаточное погружение еще некоторое время продолжалось. В результате образовались прогибы, в которых формировались кремнистые толщи – мукасовская и ее аналоги.

Практически все исследователи предполагают существование на этом этапе развития региона палеоокеана к востоку от Восточно-Уральского микроконтинента. Тогда можно считать, что до середины франского века восточная окраина микроконтинента имела характер пассивной. Результатом упомянутой коллизии стал срыв океанической коры под Восточно-Уральский микроконтинент и формирование зоны субдукции западной полярности.

В последней трети франского века первый импульс мантийного плюма, видимо, вызвал излияния вулканитов абсарокит-шошонитового ряда на западной и восточной границах Восточно-Уральского микроконтинента. Не исключено, что их формирование происходило еще из гидратированного вещества мантийного клина, и поэтому во многом геохимически они схожи с надсубдукционными образованиями. Следующему, более мощному импульсу активности плюма, на границе фран/фамен, соответствует начало извержения в пределах Магнитогорской зоны высокотитанистых и высококальциевых, преимущественно основных вулканитов, обогащенных редкоземельными элементами. Последними, наиболее глубинными образованиями, связанными с мантийным диапиром, являются высокомагнезиальные пикриты и пикробазальты конца девона – начала карбона.

Восточно-Уральский микроконтинент представлял собой в фамене невысокую сушу. Восточнее его можно реконструировать полный ряд палеоструктур активной окраины: задуговые рифты с преимущественно карбонатным осадконакоплением – островная дуга с известково-щелочным вулканизмом – относительно глубоководный бассейн с накоплением кремнистых толщ.

Формирование раннекаменноугольных магматических комплексов происходило в геодинамических обстановках, близких к обстановкам современной западной окраины Северной Америки, то есть в условиях глубинного растяжения, наложенного на коллаж разнородных террейнов, среди которых преобладают континентальные и островодужные. При этом образовалась серия локальных грабенов (рифтов) и горстов.

В первых изливались контрастные серии вулканитов, имеющие различные источники, на вторых отлагались мелководные карбонатные толщи.

Можно предположить, что растяжение реализовывалось по поверхности листрического срыва, наклоненного к востоку от западного края зоны, близко к механизму "простого сдвига" (Wernicke, 1985). Не исключено, что следы этого срыва зафиксированы профилем Уралсейс-95 (Глубинное строение..., 2001) в виде серии отражающих площадок восточного падения, погружающихся под Магнитогорскую зону. Общее растяжение, как и в Провинции Бассейнов и Хребтов (Jones et al., 1992), было сопряжено с интенсивно проявленными сдвиговыми деформациями, которые, во-первых, инициировали формирование массивов гранитоидов в локальных зонах присдвигового растяжения (Тевелев, 2002 и др.), а во-вторых, способствовали быстрой эксгумации гранитно-метаморфических ядер Кочкарско-Адамовской зоны в середине визейского века (Тевелев, Правикова, 2006).

Детальный анализ раннекаменноугольных событий на Восточном Урале позволяет выделить несколько этапов его развития, характер которых в целом определяется соотношением процессов общего растяжения и сдвига. Эти этапы выражены в разных зонах не синхронно, что связано и с неравномерностью растяжения, и с дискретным проявлением сдвиговых деформаций.

1. *Начало раннего турне.* Первый этап, вероятно, совпадает со временем завершения развития позднедевонского плюма. Его начало уходит в фаменский век, а конец в большой степени условен. Практически повсеместно этот этап амагматичен, лишь в Гумбейской подзоне Восточно-Магнитогорской зоны фиксируются последние проявления активности плюма – пикритовые туфы сара-тюбинской толщи. На восточной окраине рассматриваемого региона в это время продолжает функционировать зона субдукции с западным падением.

2. *Конец раннего турне – начало раннего визе.* Начало этого этапа проводится условно, а завершение его в разных зонах происходит в разное время, постепенно смещаясь с запада на восток. Особенности второго этапа являются преобладание сдвиговых деформаций. Генеральные левые сдвиги формируются, главным образом, вблизи жесткого блока – Восточно-Уральского микроконтинента. В многочисленных локальных зонах присдвигового растяжения происходит внедрение массивов гранитоидов тоналит-гранодиорит-адамеллитового ряда, а в сопряженных с ними поверхностных впадинах формируются бассейны с карбонатным (на западе) или терригенным (на востоке) осадконакоплением. В Восточно-Магнитогорской зоне эти процессы завершаются примерно на границе турне и визе, а в пределах Восточно-Уральского микроконтинента – в середине раннего визе. Зона субдукции на восточной окраине рассматриваемого региона в это время прекращает свое существование.

3. *Граница раннего и позднего турне – начало позднего визе.* Начало третьего этапа отчетливо смещается по времени с запада на восток. Особенность этого этапа –

преобладание растяжения, сопровождающегося утонением коры и формированием рифтовой системы с контрастными базальт-риолитовыми сериями вулканитов. Предполагается, что в период времени от границы раннего и позднего турне до начала раннего визе процессы растяжения постепенно захватывали участки с запада на восток, а зоны сдвиговых деформаций постепенно отмирали. Поскольку завершение третьего этапа практически синхронно на всем Восточном Урале, продолжительность его уменьшается с запада на восток от 20 до 10 млн лет. В конце этого этапа растяжение, видимо, достигло максимума. В пределах Восточно-Уральского микроконтинента оно выразилось в растаскивании тектонических пластин, которое привело к быстрой эксгумации гранитоидов, сформировавшихся на втором этапе, а также докембрийских и раннепалеозойских метаморфических комплексов. Следы образовавшейся антиформы, возможно, фиксируются на Троицком профиле СГЗ (Кашубин, Дружинин, 1986 г.) в виде серий отражающих площадок, наклоненных в разные стороны от Кочкарско-Адамовской зоны.

4. *Середина позднего визе – конец позднего визе.* Четвертый этап проявлен практически синхронно на всем Восточном Урале. Он характеризуется затуханием процессов глубинного растяжения и локальным проявлением сдвиговых деформаций. При этом завершается формирование рифтовой системы в Восточно-Магнитогорской зоне, вулканическая деятельность прекращается, а последними проявлениями рифтового магматизма оказываются небольшие интрузивы контрастных габбро-гранитных серий умеренно-щелочного состава, внедрившиеся в локальные зоны присдвигового растяжения. Устанавливается режим общего умеренного опускания всей территории, в которое втягивается и Восточно-Уральский микроконтинент. Гранитоиды и метаморфиты, выведенные на поверхность в результате тектонической эксгумации, оказываются перекрытыми терригенно-карбонатными толщами.

5. *Конец позднего визе – серпуховской век.* Заключительный, пятый этап раннекаменноугольного развития в пределах Восточно-Магнитогорской зоны и Восточно-Уральского микроконтинента в целом продолжает предыдущий и является амагматическим. Ось растяжения смещается еще дальше на восток, где в Зауральской зоне, имевшей в это время максимально растянутую, т.е. наиболее тонкую кору, фиксируется последний кратковременный импульс растяжения. Здесь сформировался самый молодой раннекаменноугольный вулканический комплекс, представленный базальтами, обогащенными тяжелыми РЗЭ и крупноионными элементами.

Заключение

В результате проведенных исследований получена наиболее полная на сегодняшний день геолого-геохимическая характеристика вулканических комплексов раннего карбона Южного Урала. Проведена корреляция вулканических комплексов различных зон и показано, что разрезы раннекаменноугольных вулканических

комплексов различаются в отдельных зонах. Так в Восточно-Магнитогорской зоне широкое развитие имеют кремнекислые вулканиты, в то время как в Уйско-Новооренбургской и Кочкарско-Адамовской они занимают подчиненное положение, а в Зауралье практически отсутствуют. Это может быть связано с тем, что литосфера Восточно-Магнитогорской зоны была прогрета в течение предыдущих этапов, и кора плавилась легче.

В пределах Восточного Урала начало вулканической деятельности в раннем карбоне постепенно омолаживается с запада на восток. Интервал от времени начала формирования березовского вулканического комплекса в западных частях Восточно-Магнитогорской зоны до времени начала формирования аккаргинского комплекса в Зауральской зоне (от першинского времени позднего турне до жуковского времени позднего визе) составляет примерно 20 млн лет.

Большинство из изученных вулканогенных толщ имеет контрастный состав, включая продукты и коровых, и мантийных очагов при подчиненном распространении пород среднего состава. Всем средне-основным раннекаменноугольным вулканитам Южного Урала свойственны смешанные геохимические характеристики надсубдукционных и внутриплитных образований, причем признаки внутриплитных образований проявлены отчетливее в вулканитах восточных зон. Вместе с тем, составы кремнекислых вулканитов не обнаруживают статистически значимых различий и подобны среднему составу верхней коры континентов.

Этапы раннекаменноугольного вулканизма в Магнитогорской и Кочкарско-Адамовской зонах разнесены во времени с интервалами плутонической деятельности, но соизмеримы с ними по продолжительности (8-12 млн лет). Выделены два интервала плутонической деятельности: первый из них соответствует времени 357–346 млн лет в Магнитогорской зоне и 349–340 млн лет в Кочкарско-Адамовской, а второй охватывает период 334–327 млн лет в обеих зонах. Всем этим этапам соответствует время накопления осадочных комплексов.

Раннекаменноугольному вулканизму во всех зонах предшествовал авулканический этап, в течение которого либо накапливались терригенно-карбонатные толщи, либо происходил размыв. Наиболее длительные перерывы, охватывающие практически весь фамен и часть раннего турне, отмечаются для Кочкарско-Адамовской зоны. Вместе с тем показано, что вулканиты фаменского возраста Магнитогорской зоны, образующие единый комплекс с позднефранскими, но отличные от них по геохимическим характеристикам, по своему составу приближаются к раннекаменноугольным и представляют, таким образом, образования промежуточной стадии вулканизма.

Ключевыми моментами геодинамической интерпретации позднедевонского и раннекаменноугольного этапов развития Южного Урала являются: (1) коллизия Магнитогорской островодужной системы с пассивной окраиной Восточно-

Европейского континента в середине франского века; (2) связь позднефранско-фаменского вулканизма с развитием мантийного плюма; (3) формирование раннекаменноугольных магматических комплексов в обстановке глубинного растяжения при значительной роли левосдвиговых деформаций; (4) быстрая эксгумация гранитно-метаморфического ядер Кочкарско-Адамовской зоны в середине визейского века.

Список публикаций по теме диссертации

Коллективные монографии

1) Тевелев А.В., Кошелева И.А., Попов В.С., Кузнецов И.Е., Осипова Т.А., Правикова Н.В., Вострецова Е.С., Густова А.С. Палеозойды зоны сочленения Восточного Урала и Зауралья // Труды лаборатории геологии складчатых поясов (вып. 4). Под ред. проф. А.М. Никишина. – М.: Геологический ф-т МГУ, 2006. – 300 с.

Статьи

2) Veimarn A.V., Puchkov V.N., Abramova A.N., Artyushkova O.V., Baryshev V.N., Degtyaryov K.E., Kononova L.J., Maslov V.A., Mosejchuk V.M., Pazukhin V.N., Pravikova N.V., Tevelev A.V., Yarkova A.V. Stratigraphy and geological events at the Frasnian-Famennian boundary in the Southern Urals // Geological Quarterly, 2004, 48 (3): 233-244.

3) Тевелев Ал.В., Дегтярев К.Е., Тихомиров П.Л., Кошелева И.А., Косарев А.М., Мосейчук В.М., Правикова Н.В., Сурин Т.Н.. Геодинамические обстановки формирования каменноугольных вулканических комплексов Южного Урала и Зауралья. - в сб.: Очерки по региональной тектонике Урала, Казахстана и Тянь-Шаня. Том 1. Южный Урал. М.: Наука, 2005, с. 213-247.

4) Правикова Н.В. Этапы проявления вулканической и плутонической деятельности в раннем карбоне на Южном Урале (Магнитогорская и Восточно-Уральская зоны) // Вестник МГУ, 2006, № 4, с. 57-65.

5) Рудакова А.В., Правикова Н.В., Тевелев Ал.В. Строение, химизм и условия формирования березовского вулканического комплекса южной части Магнитогорской мегазоны (Южный Урал) // Вестник МГУ, 2007, № 1, в печати.

6) Pravikova N.V., Tevelev A.V., Tikhomirov P.L., Degtyarev K.E., Kosheleva I.A., Surin T.N. Carboniferous volcanic rocks of the southern Urals, Russia: geologic setting, rock chemistry, and implications for regional paleogeodynamics // In: G. Groppelli, L. Viereck-Goette (Eds.) Stratigraphy and geology in volcanic areas", GSA Book, 2007 (in press).

Научные отчеты

7) Тевелев Ал.В., Кошелева И.А., Бурштейн Е.Ф., Тевелев Арк.В., Попов В.С., ..., Правикова Н.В. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые территории листа N-41-XXV (Карталы). (Отчет по объекту: "Геологическая съемка и геологическое доизучение масштаба 1:200 000 территории листа N-41-XXV (Карталы), подготовка к изданию геологической карты листа (полигонный, ВУЗ)" за 2000-2003 гг.)" в 4 книгах. Москва, 2004 г.

Краткие сообщения и тезисы докладов

8) Правикова Н.В. Проблемы базальтоидного магматизма Южного Урала

(Зауральский мегаблок) // Геология и геоэкология, исследования молодых: Материалы XIII молодежной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца: в 2-х томах. Том 1. "Геология, петрология и геохронология, экология". Апатиты: ООО Апатит-Медия, 2002, с. 101-102.

9) Правикова Н.В. Раннекаменноугольный вулканизм Зауральской и Валерьяновской мегазон // Тезисы докладов "Первой международной конференции молодых ученых по наукам о Земле". Новосибирск, 2002, с. 131-132.

10) Правикова Н.В., Тевелев А.В. Раннекаменноугольные вулканиты Зауральского мегаблока (Южный Урал) // Ломоносов: Мат-лы X Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Москва: МГУ, 2003, с. 123.

11) Тевелев Ал.В., Дегтярев К.Е., Кошелева И.А., Правикова Н.В. Раннекаменноугольный вулканизм Южного Урала и Зауралья (проблемы геодинамической интерпретации) // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы: Материалы XXXVI Тектонического совещания. М.: Наука, 2003, с. 226-230.

12) Тевелев А.В., Тихомиров П.Л., Кошелева И.А., Дегтярев К.Е., Правикова Н.В. Раннекаменноугольные вулканиты Южного Урала: состав и геодинамическая интерпретация // Вулканизм и геодинамика: Мат-лы II Всеросс. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН, 2003, с. 729-734.

13) Правикова Н.В. Некоторые проблемы раннекаменноугольного вулканизма Южного Урала и Зауралья // Современные вопросы геологии: Мат-лы молодежной конференции "3-и Яншинские чтения". М.: Научный мир, 2003, с. 41-44.

14) Правикова Н.В. Условия образования раннекаменноугольных базальтоидов Зауральского мегаблока (Южный Урал) // Геологи XXI века: Тезисы Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов. Саратов: СО ЕАГО, 2003, с. 43-45.

15) Правикова Н.В. Проблемы раннекаменноугольного вулканизма Южного Урала и Зауралья // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XX Всероссийской молодежной конференции. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2003, с. 176-178.

16) Правикова Н.В. Сравнение ордовикских и раннекаменноугольных вулканитов Зауральского мегаблока (Южный Урал) // Нефтегазовые и химические технологии: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Самара, 2003, с. 136-137.

17) Правикова Н.В., Тевелев А.В. Возрастная миграция раннекаменноугольного вулканизма на Южном Урале // Структура, вещество, история литосферы и геодинамика Тимано-Североуральского сегмента: Материалы 12-й научной конференции Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2003, с. 223-224.

18) Правикова Н.В., Тевелев А.В. Ранне-среднекаменноугольные базитовые комплексы Южного Урала (Зауральский мегаблок) и геодинамические обстановки их формирования // Геологи XXI века: Тезисы докладов Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов. Саратов: СО ЕАГО, 2004, с. 43-45.

19) Вострецова Е.С., Правикова Н.В. Ксенолиты в базитовых комплексах Зауралья (Южный Урал) // "Ломоносов": Мат-лы XI Международной научной конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых. Москва: МГУ, 2004, с. 121-122.

20) Правикова Н.В., Тевелев А.В. Базитовые комплексы ранне-среднекаменноугольного возраста Зауральского мегаблока // Геология и минеральные ресурсы европейского Северо-Востока России: Материалы XIV Геологического съезда республики Коми: в 4х томах. Том 2 "Геологическое строение, геодинамика. Магматизм и метаморфизм. Твердые горючие ископаемые. Рудные и нерудные полезные ископаемые". Сыктывкар: Геопринт, 2004.

21) Pravikova N., Tikhomirov P., Tevelev A. The Carboniferous volcanic rocks of the Southern Urals (geodynamic interpretation) // Abstracts, Florence, Italy, 2004, "32nd International Geological Congress", August 20-28.

22) Правикова Н.В., Вострецова Е.С. Геодинамические обстановки формирования базитовых комплексов конца раннего - начала среднего карбона на Южном Урале (Зауральский мегаблок) // Эволюция тектонических процессов в истории Земли: Материалы молодежной школы-конференции XXXVII Тектонического совещания. Москва: ГЕОС, 2004.

23) Правикова Н.В., Тевелев Ал.В. Палеогеодинамика Восточного Урала и Зауралья в раннем карбоне // Геология и геоэкология Европейской России и сопредельных территорий: Материалы XV молодежной научной конференции, посвященной памяти К.О. Кратца. Санкт-Петербург, 2004, с. 143-145.

24) Tevelev A., Pravikova N. Parallel volcanic belts: comparison of the Early Carboniferous of the Southern Urals (Central Russia) and the Cenozoic of the Basin and Range Province (western USA) // Abstracts, Misasa, Japan, 2005, "COE-21 International Symposium Misasa-I: Origin, Evolution and Dynamics of the Earth. Present and Future Research", Marth 5-6.

25) Тевелев Ал.В., Правикова Н.В. Судетский тектогенез на Южном Урале: масштабы и роль в формировании структуры Восточно-Уральской мегазоны // Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли. Мат-лы XXXIX Тект. совещ. Т. 2. М.: ГЕОС, 2006. С. 290–294.

26) Pravikova N., Tevelev Al., and Kosheleva I. The Late Paleozoic crustal growth in the East-Ural zone (Southern Urals, Russia) as a result of a face-to-face overthrusting // Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 00598, 2006.

27) Правикова Н.В., Тевелев Ал. В Магматизм раннего карбона на Южном Урале (соотношение вулканических и плутонических комплексов) // Мат-лы XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов". Том II. – М.: Изд-во МГУ, 2006, с. 70-71.

28) Тевелев Ал.В., Кошелева И.А., Правикова Н.В., Рудакова А.В., Алексютин М.В., Лубнина Н.В. Раннекаменноугольная активная окраина Восточно-Европейского палеоконтинента. // «Вулканизм и геодинамика»: Материалы III Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Т. 2. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2006. С. 355-358.