

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи



Мышенкова Мария Сергеевна

**Геологическая позиция, состав, возраст и генезис плиоцен-
четвертичных кислых вулканитов Эльбрусской вулканической
области (Северный Кавказ)**

25.00.01 – Общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2021

Работа выполнена на кафедре динамической геологии геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

- Научный руководитель** – **Короновский Николай Владимирович** –
доктор геолого-минералогических наук, профессор
- Официальные оппоненты** – **Бычков Андрей Юрьевич** –
профессор РАН, доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», профессор
- **Каминский Феликс Витольдович** –
член-корр. РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции «Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского Российской академии наук», главный научный сотрудник
- **Шарпёнок Людмила Николаевна** –
доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П.Карпинского», главный научный сотрудник

Защита диссертации состоится «28» мая 2021 г. в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета МГУ.04.04 Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова по адресу: **119991, Москва, Ленинские горы д. 1, МГУ имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, ауд. 415.**

Е-mail: nvbadulina@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В.Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на сайте ИАС «ИСТИНА»: <https://istina.msu.ru/dissertations/364891760/>

Автореферат разослан «__» апреля 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.04.04,
кандидат геолого-минералогических наук



Ю.А. Гатовский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Плиоцен-четвертичный вулканизм Эльбрусской вулканической области (ЭВО) имеет длительную историю изучения, но до сих пор остаются дискуссионными вопросы возраста магматических образований, количества выделяемых фаз вулканической активности в районе вулкана Эльбрус и в пределах Верхне- и Нижнечегемского вулканических нагорий. Для определения хронологии извержений в ЭВО активно используются методы изотопного датирования, однако в ряде случаев изотопный возраст не согласуется с относительным возрастом, установленным на основании геологических данных. Проблема генезиса и пространственно-временных взаимоотношений кислых вулканитов туфового и игнимбритового облика ЭВО также не имеет однозначного решения. Результаты проведенных исследований позволяют решить указанные проблемы и обратить внимание на ведущую роль геологических данных, на основе которых совместно с минералого-петрографическими и геохимическими данными определяются пространственно-временные связи, возраст и механизм образования различных типов новейших кислых вулканитов ЭВО.

Степень разработанности темы. До 1950-х гг. полевые и петрографические исследования продуктов новейшего вулканизма ЭВО проводились эпизодически. В период 1950–1969 гг. центральная часть Б. Кавказа, включая территорию ЭВО, была охвачена полистными геологическими съемками масштаба 1:50000. В центральной части ЭВО на 4-х листах съемки проводились силами МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с Всесоюзным аэрогеологическим трестом Мингео СССР. Принимавшими в них участие Е.Е. Милановским и Н.В. Короновским в дальнейшем был внесен большой вклад в разработку теоретических основ тектоники и магматизма региона. В этот период научно-тематические работы также проводили С.М. Седенко, Ю.П. Масуренков, М.В. Авдулов, М.М. Аракелянц, Г.Д. Афанасьев, А.М. Борсук и многие другие. Результаты упомянутых геологических съемок и тематических работ явились основой для последующих различных разномасштабных геологических работ.

Существенный вклад в изучение различных аспектов новейшего вулканизма ЭВО внесли В.Г. Молявко, И.М. Остафийчук, Г.П. Багдасарян, Е.К. Станкевич, О.А. Богатилов, А.Г. Гурбанов, И.В. Мелекесцев, Д.Г. Кошуг, А.И. Пурига, С.Н. Бубнов, В.М. Газеев, Е.Н. Лятифова, Л.И. Дёмина, В.А. Лебедев, И.В. Чернышев, Ю.В. Гольцман, А.Л. Собисевич, А.В. Горбатиков, Е.А. Рогожин, Д.В. Лиходеев, И.С. Уткин и другие исследователи.

Цели и задачи исследований. Целью исследований является уточнение пространственно-временных взаимоотношений, вещественного состава и механизма образования плиоцен-четвертичных кислых вулканитов ЭВО.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

1) собрать, обобщить и проанализировать сведения из опубликованных и фондовых материалов, а также полученных в ходе полевых работ, о геологическом строении, петрографических, петрохимических и геохимических характеристиках кислых вулканитов ЭВО; 2) собрать и обработать сведения о геологическом строении и вещественных характеристиках вулканитов, относимых к игнимбрикам; 3) установить петрографические и геохимические особенности кислых вулканитов ЭВО, чаще всего относимых к игнимбрикам; 4) установить возраст вулканитов при помощи геолого-геоморфологического метода и сопоставить его с имеющимися изотопными датировками, полученными другими исследователями; 5) предложить механизм формирования кислых вулканитов ЭВО туфового и игнимбрикового облика.

Фактический материал и методы исследований. Основу диссертации составляет фактический материал, собранный автором в ходе полевых работ, проведенных на территории Северного и Западного Приэльбрусья (2008–2010 гг.), в долинах рек Чегем и Баксан (2015 г.). Кроме того, часть образцов кислых вулканитов из Верхнечегемского и Нижнечегемского (далее – ВЧ и НЧ соответственно) районов была предоставлена Институтом геологии Киевского национального университета им. Тараса Шевченко и Н.В. Короновским из его личной коллекции. Также часть образцов вулканитов Эльбрусского района была предоставлена Геологическим музеем Северо-Кавказского филиала ФГУ «ТФГИ по ЮФО».

Возраст вулканитов определялся при помощи геолого-геоморфологического метода и сопоставлялся с данными изотопного датирования, полученными другими исследователями. Для изучения вещественного состава были проведены петрографические исследования, в том числе сканирующая электронная микроскопия. Данные о содержании в породах элементов-примесей были получены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Изучение шлифов пород (более 400 шт.) при помощи поляризационного микроскопа выполнено в учебной оптической лаборатории кафедры петрологии МГУ им. М.В. Ломоносова, где были изучены шлифы, изготовленные из имеющегося у автора каменного материала и предоставленные Геологическим музеем Северо-Кавказского филиала ФГУ «ТФГИ по ЮФО». Сканирующая электронная микроскопия

проводилась автором и Л.И. Дёминой в лаборатории локальных методов исследования вещества кафедры петрологии МГУ им. М.В. Ломоносова, в ходе которой был исследован состав и строение алюмосиликатных стекол и основной массы пород (183 анализа), а также породообразующих минералов (184 анализа). Результаты определений химического состава алюмосиликатных стекол и основной массы вулканитов ВЧ и НЧ районов, полученных при помощи сканирующей электронной микроскопии, были проанализированы методами многомерного статистического анализа, входящими в модуль «Кластерный анализ» пакета прикладных программ «Statistica». Определение содержания элементов-примесей проводилось в лаборатории масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой кафедры геохимии МГУ им. М.В. Ломоносова (22 образца).

Достоверность результатов исследований обеспечена достоверностью полученной и собранной автором первичной геологической информации (геологическая документация маршрутов, разрезов, скважин, образцы и шлифы горных пород, результаты аналитических исследований), комплексным подходом к изучению исследуемых геологических объектов кислых вулканитов ЭВО, применением современных методик изучения, анализа и интерпретации полученных данных, использованием высокоточного аналитического оборудования.

Личный вклад автора. Автором проведены геологические наблюдения, изучение и опробование вулканитов ЭВО во время полевых работ, выполнено описание шлифов пород, произведена основная часть пробоподготовки для ICP-MS, определен состав породообразующих минералов, алюмосиликатных стекол и основной массы пород методом сканирующей электронной микроскопии, осуществлена интерпретация полученных данных.

Научная новизна.

1. Анализ полученных данных и накопленной к настоящему моменту геологической информации позволил:

а) предложить обновленную схему расчленения вулканогенных образований Эльбрусского центра на основе геологических, геоморфологических и петрологических данных, в том числе: (1) выделить вулканогенные образования, которые могут быть уверенно отнесены к продуктам более древнего вулкана, проявлявшего активность до формирования современной вулканической постройки Эльбруса, (2) уточнить последовательность формирования вулканогенных образований собственно вулкана Эльбрус во время этапов его активности;

б) уточнить схему расчленения новейших вулканитов ВЧ и НЧ районов и выделить в каждом из них по 4 фазы вулканической активности, проявлявшейся с плиоцена до позднего неоплейстоцена включительно.

2. Комплексное изучение кислых вулканитов туфового и игнимбритового облика, расположенных по периферии Эльбруса, позволило в целом подтвердить выводы Н.В. Короновского и его коллег [Короновский, 1968; 1983б; Короновский, Дёмина, 2007] о том, что они были образованы в результате извержений из автономных центров. На основании данных, полученных в ходе прямых геологических наблюдений, выявлено наличие еще двух неизвестных ранее автономных центров извержений аналогичных вулканитов, проявлявших активность в позднем неоплейстоцене. В ходе петрографических исследований указанных пород в них впервые выявлены особенности, характерные для флюидолитов согласно [Петрографический..., 2008].

3. В результате комплексного изучения верхнеплиоценовых кислых вулканитов туфового и игнимбритового облика, распространенных в ВЧ и НЧ районах, установлено, что:

а) вулканиты ВЧ района в основном имеют лавовый генезис;

б) вулканиты НЧ района образованы в результате извержений из местных центров, большая часть из них имеет пирокластический генезис, в том числе в результате осаждения и последующего спекания материала коротких пирокластических потоков.

Проведенное изучение указанных вулканитов ВЧ и НЧ районов методом сканирующей электронной микроскопии позволило впервые выявить их минералогическо-петрографические особенности и различия их вещественного состава.

4. Данные о содержании элементов-примесей в кислых вулканитах ЭВО, полученные методом ICP-MS, уточняют геохимические данные, полученные ранее другими исследователями нейтронно-активационным методом.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные данные позволили уточнить геологическое строение и историю развития новейшего вулканизма ЭВО и могут быть использованы при составлении новых геологических карт региона различного масштаба. На примере новейших магматических образований ЭВО продемонстрирована наиболее объективная информативность геолого-геоморфологического метода при изучении истории развития молодых вулканических центров и необходимость при палеогеологических реконструкциях их деятельности сопоставления данных, полученных методами изотопной и относительной

геохронологии. Показана необходимость использования комплексного подхода при изучении геологических объектов, сложенных породами туфового и игнимбритового облика, с целью выявления механизма их образования.

Защищаемые положения.

1. Кислые вулканыты туфового и игнимбритового облика, расположенные по периферии вулкана Эльбрус, образованы в результате разновозрастных извержений из 11 автономных центров и не являются останцами единичных пирокластических потоков или единого пирокластического покрова, а также не свидетельствуют о прохождении вулканом Эльбрус кальдерной стадии. Вулканыты риодацитового состава были образованы в эоплейстоцене, вулканыты менее кислого риодацитового состава – в позднем неоплейстоцене.
2. Толща верхнеплиоценовых кислых вулканытов Нижнечегемского нагорья образована в результате извержений из многочисленных местных центров, не связана с вулканытами Верхнечегемской вулcano-тектонической впадины, что подтверждается резкой фациальной изменчивостью вулканытов Нижнего Чегема, составом и распределением содержащихся в них ксенолитов, присутствием в пределах Нижнечегемского нагорья продуктов как более ранней (плиоценовой андезибазальтовой), так и более поздних (гелазий-эоплейстоценовой и поздненеоплейстоценовой) фаз вулканической активности.
3. Кислые вулканыты туфового и игнимбритового облика, расположенные по периферии вулкана Эльбрус, по своим вещественным признакам относятся к флюидолитам; подавляющая часть верхнеплиоценовых кислых вулканытов Нижнечегемского нагорья имеет пирокластический механизм образования, в том числе в результате спекания материала коротких пирокластических потоков; верхнеплиоценовые кислые вулканыты Верхнечегемской вулcano-тектонической впадины имеют в основном лавовый генезис.

Публикации и апробация работы. По теме диссертации опубликована 21 работа: 6 статей в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных WoS, Scopus, RSCI, в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ, и 9 тезисов докладов.

Основные положения работы докладывались автором на всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Планета Земля: актуальные вопросы геологии глазами молодых ученых и студентов» (г. Москва, 2009 г.); 4-ой

международной научной конференции молодых ученых и студентов «Новые подходы и достижения в науках о Земле» (г. Баку, 2011 г.); международной научно-практической конференции «Континентальный неовулканизм Альпийской складчатой зоны Восточной Европы» (г. Киев, 2013 г.); XVIII, XX, XXIV международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (г. Москва, 2011, 2013, 2017 гг.); 2-ой международной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2017» (г. Севастополь, 2017 г.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка литературы, списка сокращений. Работа содержит 109 рисунков и 20 приложений с таблицами анализов. Общий объем работы составляет 264 страницы, список литературы насчитывает 211 наименований.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю профессору Н.В. Короновскому за всестороннюю и постоянную помощь и консультации. Автор глубоко признателен профессору А.В. Шевченко (Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова) за помощь в организации полевых работ на территории Кабардино-Балкарии в долинах рек Чегем и Баксан; М.И. Толстому и А.В. Шабатуре (Институт геологии Киевского национального университета им. Тараса Шевченко), а также С.Н. Трофименко и О.Н. Макееву (Северо-Кавказский филиал ФГУ «ТФГИ по ЮФО») за возможность использования каменного материала и шлифов. Автор также выражает благодарность сотрудникам кафедры динамической геологии МГУ, в том числе профессорам Р.В. Веселовскому, В.С. Захарову, Н.В. Лубниной – за проявленное терпение и поддержку; Л.И. Дёминой – за ценные консультации; Н.В. Бадулиной, Г.В. Брянцевой, А.И. Гущину, Н.И. Косевич, А.И. Полетаеву – за поддержку и помощь во время написания работы.

Автор благодарит А.Л. Перчука, О.Э. Мельника, О.В. Кононова, П.Л. Тихомирова, О.В. Парфенову (МГУ), а также И.С. Уткина (ИФЗ РАН) – за ценные советы; В.О. Япаскурта, Е.В. Гусеву, Н.Н. Коротаеву – за проведение сканирующей электронной микроскопии; А.Ю. Бычкова, Я.В. Бычкову – за помощь в освоении методики пробоподготовки и проведение ICP-MS; Лю Цзяо и О.А. Хлебникову (МГУ) – за поддержку и мотивацию.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цели и задачи, приведена информация о фактическом материале, личном вкладе автора, а также о научной новизне, теоретической и практической значимости работы.

Раздел 1. Краткий очерк геологического строения и истории изучения Эльбрусской вулканической области

1.1. Геологическое строение и история развития центральной части Большого Кавказа

Изложены основные черты геологического строения и история развития региона, начиная с раннегерцинского времени. На Б. Кавказе в альпийскую эпоху, в течение которой в условиях коллизии Аравийской и Евразийской литосферных плит, как и в других зонах Кавказского сектора Альпийско-Гималайского подвижного пояса, проявилась магматическая активность, которая протекала здесь преимущественно в позднем плиоцене – антропогене в Эльбрусской, Казбекской и Центрально-Грузинской областях на этапе формирования горного сооружения в современном виде.

1.2. История изучения проявлений новейшего вулканизма Эльбрусской вулканической области

Определены границы ЭВО, дана оценка изученности выделяемых автором Эльбрусского, Верхнечегемского и Нижнечегемского вулканических районов. Приведены основные результаты, которые были получены в ходе изучения новейшего вулканизма ЭВО и сведения о разномасштабных геологических съемках, проводившихся на данной территории. Систематизированы и обобщены результаты научных и тематических работ, полученные с 1990-х гг. разными группами исследователей, в том числе изучавшими глубинное строение Эльбруса и прилегающих территорий геофизическими методами.

1.3. Предшествующие представления о геологической позиции кислых вулкаников туфового и игнимбритового облика и проблема игнимбритов

В подразделе приведены различные точки зрения относительно геологической позиции, пространственно-временных взаимоотношений и механизма образования кремнекислых вулкаников ЭВО, имеющих туфовый или игнимбритовый облик. Проблема с установлением геологической позиции данных объектов и генезиса слагающих их пород связана с терминологической неоднозначностью понятий «фьямме» и «игнимбрит».

Оскольчатый облик минералов, пепловидная структура основной массы и наличие пламеневидных темных стекловатых линз в породе не обязательно свидетельствуют о ее принадлежности к игнимбрикам как отложениям пирокластических потоков в современном толковании этого термина. Поскольку резко вытянутые стекловатые линзы – фьямме – могут быть образованы различными способами и присутствовать не только в спекшихся отложениях пирокластических потоков, термин «фьямме» лучше использовать в качестве описательного независимо от происхождения текстуры [Bull, McPhie, 2007]. Поэтому при наличии резко вытянутых пламеневидных стекловатых включений для описания текстуры породы используется термин «фьямме-текстура», так как он не несет в себе генетической коннотации, в отличие от терминов «псевдофлюидальная», «игнимбриковая», «псевдоигнимбриковая» текстура.

Раздел 2. Методы исследований

Рассмотрены методы исследований, указанные во введении. Поскольку возраст вулканитов ЭВО определялся геолого-геоморфологическим методом, при его характеристике описаны денудационные поверхности выравнивания, троговые долины и гляциальные отложения, связанные с четвертичными оледенениями Б. Кавказа, рассмотрено сопоставление последних с оледенениями Альп.

Раздел 3. Особенности геологической позиции, состава, возраста и генезиса четвертичных кислых вулканитов Эльбурского вулканического района

3.1. Геологическая позиция вулканитов

3.1.1. Эльбурская вулканическая постройка

Результаты обработки материалов предшественников по геологическому строению и вещественному составу, а также анализ данных, полученных автором в ходе проведенных полевых работ и дешифрирования аэрофото- и космоснимков, позволили актуализировать стратиграфическую схему вулканогенных образований, в том числе: 1) выделить толщу, которая может быть уверенно отнесена к продуктам более древнего вулкана, проявлявшего активность в плейстоцене до формирования современной вулканической постройки Эльбруса и называемого Кюкюртли [Пурига и др., 2001; Газеев, 2003] или Палео-Эльбрус [Лебедев и др., 2011a]; объяснить особенности строения прорывающего эту толщу экструзивного массива Кюкюртли характером вертикального внедрения лавовых масс, имевших различную вязкость [Короновский, Мышенкова, 2016]; 2) уточнить последовательность формирования

вулканогенных образований собственно вулкана Эльбрус во время этапов его активности, начавшейся в среднем неоплейстоцене.

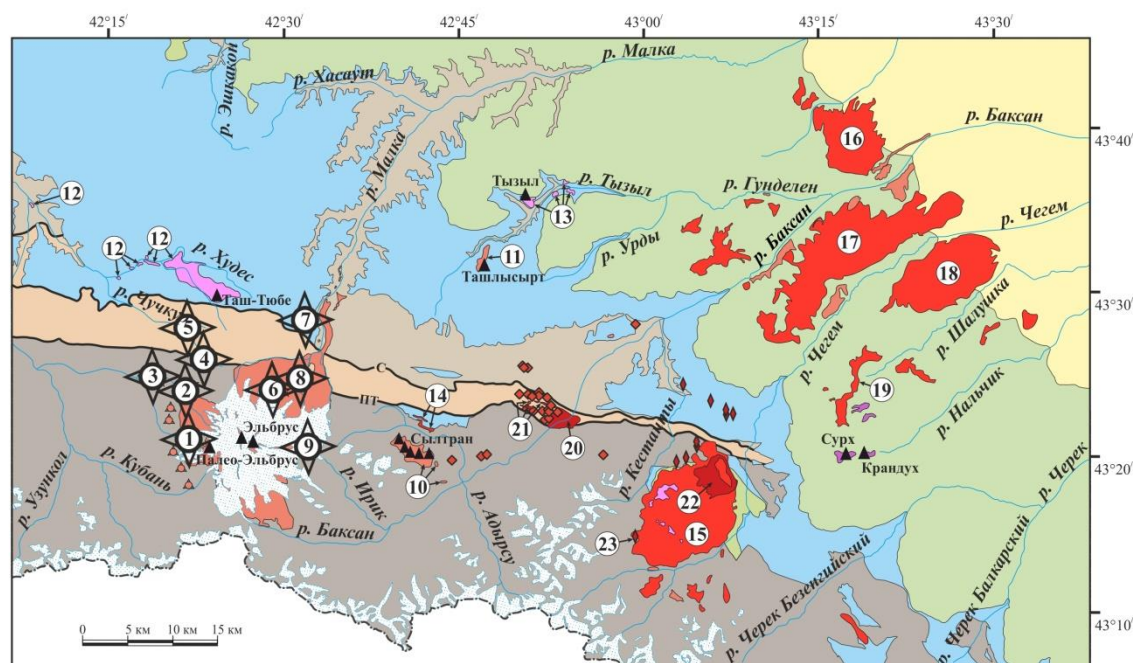
3.1.2. Центры извержений Западного Приэльбрусья

В долинах рек Кукуртли, Битиктёбе, Чемарткол и Чучкур расположены 5 автономных центров извержений (рис. 1), продукты которых характеризуются риодацитовым и дацитовым составом, имеют в строении разрезов слои, сложенные породами игнимбритового облика, которые на основании их структурно-текстурных особенностей на макро-, но в большей степени на микроуровне, были отнесены к флюидолитам и дацитам. Продукты центров извержений, расположенных в среднем течении р. Битиктёбе, долинах рек Чемарткол и Чучкур, снизу вверх сложены: 1) темно-серыми и черными флюидолитами; 2) серыми флюидолитами; 3) черно-розовыми дацитами и 4) пемзами. Черно-розовые дациты распространялись не более чем на 100 м вниз по склону от центров извержений, которые фиксируются пемзами. Автором впервые установлено, что в нижнем течении р. Битиктёбе в ее левом борту в 3,2 км выше по течению от места ее слияния с р. Уллухурзук на абс. высоте ~2650 м располагается еще один центр извержений, продуктами которого являются расположенные гипсометрически ниже два субширотно вытянутых вдоль русла реки тела.

Характер залегания пород, положение их подошвы относительно современных русел рек, сглаженная экзарационной деятельностью ледника и/или нивальными процессами поверхность указывают на то, что все они были образованы между 1-ой и 2-ой фазами безенгийского оледенения. Образование флюидолитов произошло в результате извержений из автономных центров, что доказывается характером залегания пород и составом содержащихся в них литокластов, представляющих собой обломки пород субстрата, находящихся под конкретным центром извержений.

3.1.3. Центры извержений Северного и Восточного Приэльбрусья

Продукты 4-х автономных центров извержений, слагающие г. Тузлук, гребневидное тело в правом борту р. Бирджалысу, узкую гряду у перевала Ирикчат и нижнюю часть разреза достаточно обширного выхода восточнее ледника Уллумалиендерку (рис. 1), характеризуются туфовым или игнимбритовым обликом, более кислым, чем описанные выше образования, риодацитовым составом, но также относятся к флюидолитам. Форма тел, характер залегания пород и состав литокластов свидетельствуют о том, что все они были образованы в результате извержений из автономных центров. Эти «древние» флюидолиты были образованы после завершения



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Четвертичные вулканогенные и магматические образования:

- 1 - Кислые вулканиты туфового и игнимбритового облика (выходы вулканитов с центрами извержений, не выражающиеся в масштабе карты:
1 - у ледника Кукуртли, 2 - в среднем течении р. Битиктёбе, 3 - в нижнем течении р. Битиктёбе, 4 - в долине р. Чемарткол, 5 - в долине р. Чучкур, 6 - восточнее ледника Уллумалиендерку, 7 - г. Тузлук, 8 - в долине р. Бирджалысу, 9 - у перевала Ирикчат)
- а - Вулканогенные образования кислого состава (а - выходы вулканитов, б - жерловые тела и некки, не выражающиеся в масштабе карты, в том числе:
10 - дациты вулканов Кыртык-Сылтранского водораздела, 11 - дациты вулкана Ташлысырт)
- 12 - Вулканиты среднего состава (андезидацинты, андезиты, трахиандезиты вулкана Таш-Тюбе, 13 - трахиандезибазальты, трахиандезиты вулкана Тызыл)
- 14 - Малые интрузии гранит-порфиров (14 - пластовая интрузия «Кыртыкский лакколлит»)
- 15 - Некки, дайки риолитов и остатки вулканических аппаратов (риолиты, риодациты), не выражающиеся в масштабе карты

Плиоценовые вулканогенные и магматические образования:

- 16 - Кислые вулканиты туфового и игнимбритового облика (15 - Верхнечегемская вулcano-тектоническая депрессия, 16-19 - останцы толщи вулканитов в Нижнечегемском нагорье, в том числе: 16 - Баксан-Куржунский, 17 - Чегем-Баксанский, 18 - Чегем-Шалушкинский, 19 - Баштюз)
- 20 - Вулканиты среднего состава (андезибазальты вулканов Сурх и Крандух)
- 21 - Гранитоиды (20 - массив эльджуртинских гранитов, 21 - малые интрузии лейкократовых планиогранитов, 22 - гранодиорит-порфиры массива Джунгусу)
- 23 - Дайки риолитов и риодацитов, не выражающиеся в масштабе карты (в том числе: 23 - дайка Сырынсу - подводящий канал для верхнеплиоценовых кислых вулканитов Верхнечегемской вулcano-тектонической депрессии)

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

- Баксанская моноклираль Чернолесско-Кабардинского прогиба, входящего в систему Предкавказских краевых прогибов
- Складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа:
- Зона моноклинали Центрального Кавказа
- Складчато-глыбовое поднятие Центрального Кавказа:
- Лабино-Малкинская зона прерывистой складчатости
- Карачаево-Черкесский горст-антиклинорий
- Поднятие Передового хребта
- Поднятие Главного хребта
- Структурные швы (разломы: ПТ - Пшекиш-Тырныауский, С - Северный)
- Вулканы
- Ледники
- Граница Российской Федерации

Рис. 1. Схема проявлений плиоцен-четвертичного магматизма в пределах Эльбрусской вулканической области (составлена по данным [Милановский, Короновский, 1973; Короновский, 1979; Пурига и др., 2001; Письменный и др., 2001; Лебедев и др., 2010а; 2011а; Государственная..., 2011б; 2013а; Емкужев и др., 2014] с изменениями автора)

формирования поверхности Бечасынского плато – акчагыльской поверхности выравнивания. На распространенные восточнее ледника Уллумалиендерку «древние» флюидолиты и залегающие на них остатки морены предположительно 1-ой фазы безенгийского оледенения налегают более молодые флюидолиты, образованные в результате извержений из двух центров, один из которых был расположен к юго-западу от этого выхода, другой – к северо-востоку от него.

Особенности строения продуктов описанных центров извержений Приэльбрусья не свидетельствуют об их образовании в результате осаждения и последующего спекания материала пирокластического потока, что подтверждается: 1) морфологией и элементами залегания геологических тел на г. Тузлук, в правом борту р. Бирджалысу и восточнее ледника Уллумалиендерку; 2) повсеместным отсутствием отложений пирокластических приземных волн и/или вулканического пепла облаков пирокластических потоков, которые не всегда, но часто подстилают и перекрывают единицы пирокластического потока соответственно [Sparks et al., 1973; Sparks, Walker, 1977; Brown, Andrews, 2015]; 3) большой мощностью черных/темно-серых разностей пород, которые не могут быть интерпретированы как интенсивно спекшиеся игнимбриты, превращенные в витрофиры, при сравнительно небольшой для спекания мощности перекрывающих отложений, а также присутствием в этих разностях крупных пор; 4) отсутствием постепенных переходов между черными/темно-серыми разностями и выше- и/или нижележащими менее плотными разностями пород с ярко выраженной фьямме-текстурой.

3.2. Петрографическая характеристика пород

Микроскопически породы, слагающие описанные выше объекты, подобны туфам или игнимбритам, однако следующие особенности их строения не свойственны пирокластитам в целом и отложениям пирокластических потоков в частности.

1. Интенсивные деформации обломков кристаллов, такие, как изгиб зерен, вращение и смещение отдельных фрагментов относительно друг друга, образование линзочек из мелких фрагментов раздробленного крупного обломка, которые в ряде случаев отмечаются в породах по всему разрезу. Подобные интенсивные деформации обломков могут проявляться в отложениях пирокластического потока (обусловлены вторичной фрагментацией во время уплотнения и спекания), но на достаточно больших глубинах от кровли отложений – более 200 м [Van Zalinge et al., 2018].

2. Нахождение в породах автономных центров извержений Западного Приэльбрусья в различной степени опациitized биотита. Опациитизация

характерна для излившихся пород и не отмечается в игнимбритах даже самой высокой степени спекания [Устиев, Джигаури, 1971].

3. Интенсивное корродирование стеклом обломков плагиоклаза, а иногда и биотита. Некоторая резорбция может проявляться и в пирокластитах, однако она не преобладает над механической дезинтеграцией. Наиболее интенсивно резорбция проявляется в эффузивных породах [Simões et al., 2014].

Более того, следующие черты строения, выявленные при петрографическом изучении у всех разновидностей пород, кроме черно-розовых дацитов и пемз, являются признаками флюидолитов, петрографические особенности которых перечислены в Петрографическом кодексе России [2008]: 1) сочетание остроугольных и округлых обломков пород и части минеральных зерен; 2) достаточно большое количество ксеногенных минералов, а в некоторых разновидностях пород – практически повсеместное их присутствие; 3) разрушение кристаллической решетки каркасных силикатов (в данном случае – плагиоклазов) и их переход без плавления в стеклоподобное состояние (в темно-серых и черных разновидностях центра извержений Битюк-Тюбе); 4) микровзрывная фрагментация зерен кварца с центробежным расположением их частей; 5) дезинтеграция и блокирование зерен, образование планарных элементов в плагиоклазах; 6) пластичные изгибы зерен; 7) перекристаллизация плагиоклаза вдоль трещин с понижением основности; 8) изменение оптических свойств минералов – аномальный плеохроизм у биотита [Короновский и др., 2010; 2011; 2013].

3.3. Геохимические особенности пород

Флюидолиты и дациты автономных центров извержений Приэльбрусья, а также верхненеоплейстоценовые и голоценовые дацитовые лавы Эльбруса характеризуются похожим характером распределения REE (рис. 2). В целом для них характерно обогащение LREE относительно HREE ($(La/Lu)_N=12,8-50,9$), слабая отрицательная Eu аномалия ($Eu/Eu^*=0,44-0,62$) и слабая положительная Yb аномалия, что связано с особенностями Эльбрусского магматического очага. Для «древних» флюидолитов характерна чуть более заметно выраженная Eu аномалия и меньшая интенсивность фракционирования REE по сравнению с лавами Эльбруса. Для продуктов центров, расположенных в долинах рек Битиктёбе и Чучкур, характерно резкое увеличение интенсивности фракционирования REE и HREE вверх по разрезу. Также вверх по разрезу происходит небольшое увеличение интенсивности фракционирования LREE и уменьшение отрицательной Eu аномалии.

На мультиэлементных диаграммах для всех изученных пород характерно наличие

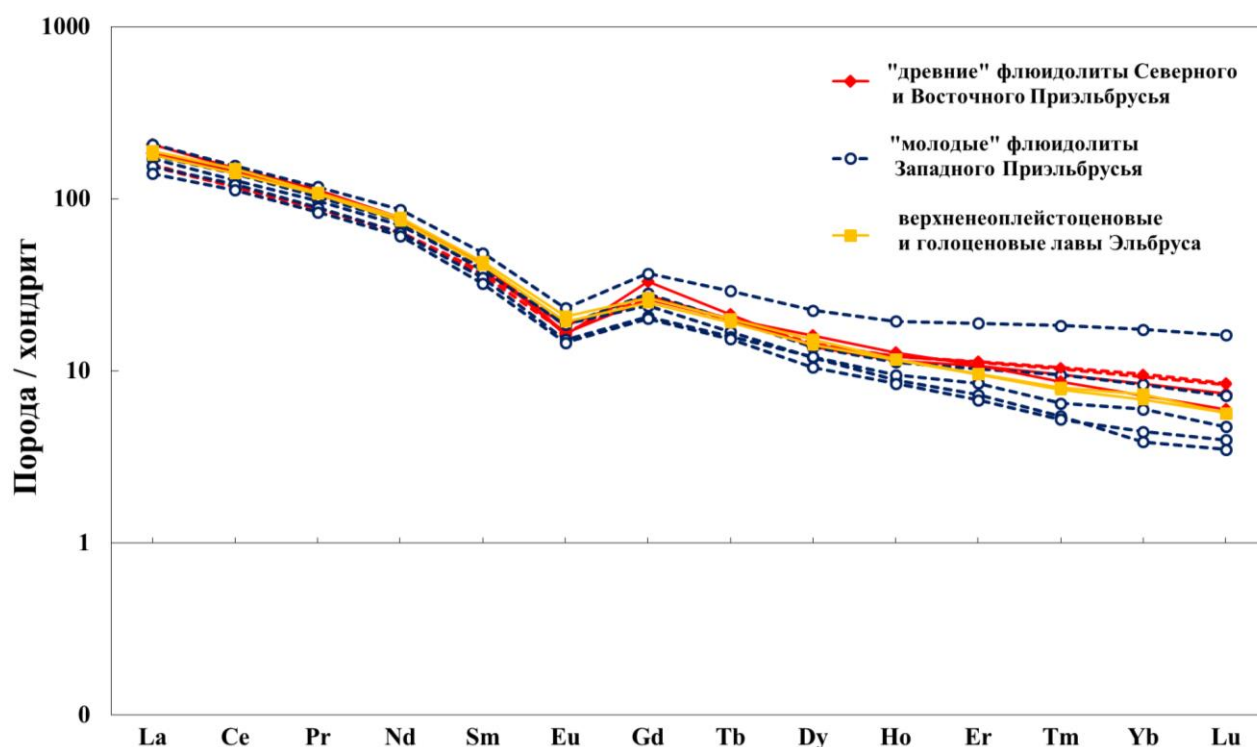


Рис. 2. Диаграмма распределения редкоземельных элементов, нормированных на хондрит [Sun, McDonough, 1989]

отрицательных Ba, Nb-Ta, Sr, Zr, Ti и положительных Th-U, Pb аномалий. В связи с тем, что в полевых шпатах Sr замещает Ca, а Ba замещает K в анортитовой и ортоклазовой молекулах соответственно, аномалии Sr и Ba могут быть связаны с фракционированием полевых шпатов. Последние также, вероятно, контролируют слабую Eu аномалию, а Zr аномалия контролируется цирконом. Поскольку петрохимический состав флюидолитов соответствует известным видам магматических пород и в целом вписывается в эволюционный тренд изменения состава продуктов эльбрусского вулканического центра, флюидолиты могли быть образованы при взрывном отделении газовой составляющей из флюидизированной магмы в магматической камере в результате декомпрессии, реализованной в благоприятной тектонической обстановке, например, в условиях растяжения.

3.4. Возраст вулканитов: сопоставление изотопного возраста пород с их относительным возрастом

Для определения изотопного возраста новейших магматических образований Эльбрусского района применялись Rb-Sr, ^{14}C , K-Ar, U-Pb, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, $\text{Io}/^{234}\text{U}$ методы, а также метод Q-ЭПР датирования [Аракелянц и др., 1968; Станкевич, 1976; Борсук, 1979; Богатилов и др., 1998в; Пурига и др., 2001; Газеев, 2003; Природные..., 2004; Лебедев и др., 2010а; 2010б; 2011а; Чернышев и др., 2011; Hess et al., 1993 и др.], однако

у каждого из них есть свои ограничения. В ряде случаев возраст магматических образований, установленный каким-либо методом изотопного датирования, совпадает с их относительным возрастом, однако для некоторых объектов имеются существенные расхождения, например, для эльджуртинских гранитов, дацитов вулканов Кыртык-Сылтранского водораздела, и в особенности для «древних» и «молодых» флюидолитов. Поскольку флюидолиты г. Тузлук налегают на поверхность Бечасынского плато – акчагыльскую поверхность выравнивания – возраст их определяется как постакчагыльский. Близкий петрографический облик, петрохимические и геохимические особенности всех «древних» флюидолитов свидетельствуют в пользу их одновременного, с позиции геологического времени, образования. Эволюция же химического состава продуктов Эльбрусского центра свидетельствует в пользу образования этих флюидолитов в эоплейстоцене до начала проявления активности вулкана Палео-Эльбрус или Кюкюртли.

Особенности залегания флюидолитов, распространенных в долинах рек Битиктёбе и Чучкур, а также положение их подошвы над современными руслами рек указывают на их образование в позднем неоплейстоцене между 1-ой и 2-ой фазами безенгийского оледенения. Сходство петрографического облика и петрохимических особенностей данных пород с остальными флюидолитами Западного Приэльбрусья и верхней части толщи, обнажающейся восточнее ледника Уллумалиендерку, свидетельствует в пользу их одновременного, с позиции геологического времени, образования. На правом борту р. Битиктёбе на отн. высоте 400–500 м прослеживаются реликты трога эльтюбинского (ранненеоплейстоценового) оледенения, выше, на абс. высотах 3100–3300 м – реликты акчагыльской денудационной поверхности. Если бы флюидолиты имели ранненеоплейстоценовый или эоплейстоценовый возраст, они бы располагались на соответствующих высотах.

Раздел 4. Особенности геологической позиции, состава, возраста и генезиса плиоцен-четвертичных кислых вулканитов Верхне- и Нижнечегемского вулканических районов

4.1. Геологическая позиция вулканитов

4.1.1. Верхнечегемский вулканический район

В ВЧ районе автором выделено 4 фазы вулканической активности; преобладающая часть вулканитов района – продукты позднеплиоценовой фазы, залегающие в овальной в плане (11×15 км) вулcano-тектонической депрессии и в виде нескольких останцов на водоразделах правых притоков р. Чегем. Основную часть

толщи, выполняющей депрессию, слагают вулканиты с массивной и фьямме-текстурой, состав которых постепенно изменяется снизу вверх по разрезу от риолитового до риодацитового. Мощность их достигает 1,5–2,0 км в осевой зоне депрессии, резко сокращаясь на крыльях за счет выклинивания нижних и трансгрессивного налегания на субстрат более верхних горизонтов. Под этими вулканитами почти повсеместно залегает горизонт черных смоляновидных риолитов мощностью от нескольких метров до 30–35 м. В верхней части горизонта и/или на его верхней границе в местах крутого перегиба субстрата присутствуют характерные для лав сферолоиды диаметром до 1,5 м. В разрезе основной части толщи намечаются макроскопически неоднородные горизонты, отличающиеся друг от друга цветом, присутствием фьямме и их размерами, характером отдельности. В отвесных восточных стенах ясно выделяются «порции» или потоки вулканитов, отделенные друг от друга поверхностями раздела, при этом между ними отсутствуют отложения пирокластических приземных волн и/или вулканического пепла облаков пирокластических потоков. В западной части структуры в верхах разреза присутствует горизонт темно-серых, местами черных, риодацитов, имеющих с ниже- и вышележащими разностями резкие границы. Горизонты черных смоляновидных пород присутствуют и в верхних частях разрезов останцов, расположенных на правом борту р. Чегем. Черные смоляновидные вулканиты и разности с фьямме-текстурой встречаются также в интрузивном залегании в единственном достоверно установленном центре извержений – дайке Сырынсу, а в долине р. Джунгусу в северной части депрессии – в вертикальном залегании. Черные смоляновидные риолиты и вышележащие вулканиты мощностью до 1,5–2,0 км на всем протяжении разреза имеют постоянный объемный вес, равный $\sim 2,4 \text{ г/см}^3$ [Короновский, 1979], что не характерно для мощных толщ игнимбритов.

Особенности строения основной части толщи, выполняющей ВЧ вулканотектоническую депрессию, не позволяют безоговорочно согласиться с точкой зрения о ее пирокластическом генезисе; вместе с тем отсутствие автобрекчий в основании «порций» вулканитов нетипично и для обычных лав. Ввиду конвергенции признаков представляется наиболее вероятным, что основная часть толщи была образована в результате извержения очень подвижного, пенистого, но в принципе лавового материала. Во время извержений у выхода из жерла вулкана происходило кипение силикатного расплава, обусловленное характером фазового перехода сверхкритического водного флюида, который, в отличие от воды, может смешиваться

с расплавом в любых количествах [Арсанова, 2019]. По мнению Г.И. Арсановой не весь флюид одновременно меняет фазу, и вода вблизи кратера – под ним или сразу после – может находиться, помимо растворенной в магме, в состояниях сверхкритического флюида, газа и жидкости. Во время извержений из канала, которым в начале позднеплиоценовой фазы являлась проходящая вдоль оси ВЧ впадины зона основного субмеридионального шва Чегемского глубинного разлома, скорость подъема магмы могла опережать скорость фазового перехода. Некоторая часть сверхкритического водного флюида переходила в «перегретую» воду, некоторая оставалась в виде флюида, снижая вязкость и увеличивая мобильность пенистой массы.

4.1.2. Нижнечегемский вулканический район

В НЧ районе выделяется 4 фазы вулканической активности; к продуктам наиболее мощной, позднеплиоценовой фазы относится толща вулканитов водоразделов риолитового и риодацитового состава, распространенная на площади более 270 км². В настоящее время покров вулканитов расчленен на ряд останцов различного размера, самыми крупными из них являются Баксан-Куркужинский, Чегем-Баксанский и Чегем-Шалушкинский. Установлено, что в целом по массиву наблюдается изменчивость мощностей и разностей вулканитов. На основании особенностей строения разрезов и характера вертикальной и горизонтальной зональности отложений в некоторых местах нагорья уверенно устанавливается факт образования пород в результате отложения и дальнейшего спекания материала коротких пирокластических потоков, в других – в результате эксплозивных извержений с последующей золовой дифференциацией осаждающегося материала. В южной части НЧ района в центральной части массива Баштюз в разрезе толщи вулканитов помимо пирокластитов присутствуют породы, вероятнее всего являющиеся продуктами излияния очень подвижного, пенистого, но в принципе лавового материала.

Несмотря на отсутствие явных подводящих каналов, аналогичных дайке Сырынсу в ВЧ нагорье, ряд особенностей свидетельствует в пользу образования НЧ покрова в результате извержений из многочисленных самостоятельных центров (рис. 3):

1. Резкая фациальная изменчивость вулканитов, наблюдающаяся как вдоль, так и вкрест простирания покрова, присущая и его краевой северо-восточной части, удаленной на максимальное расстояние от ВЧ депрессии.

2. Отсутствие закономерного уменьшения размера обломков пород, пемзы и улучшения сортировки материала в северо-северо-восточном и северо-восточном направлениях.

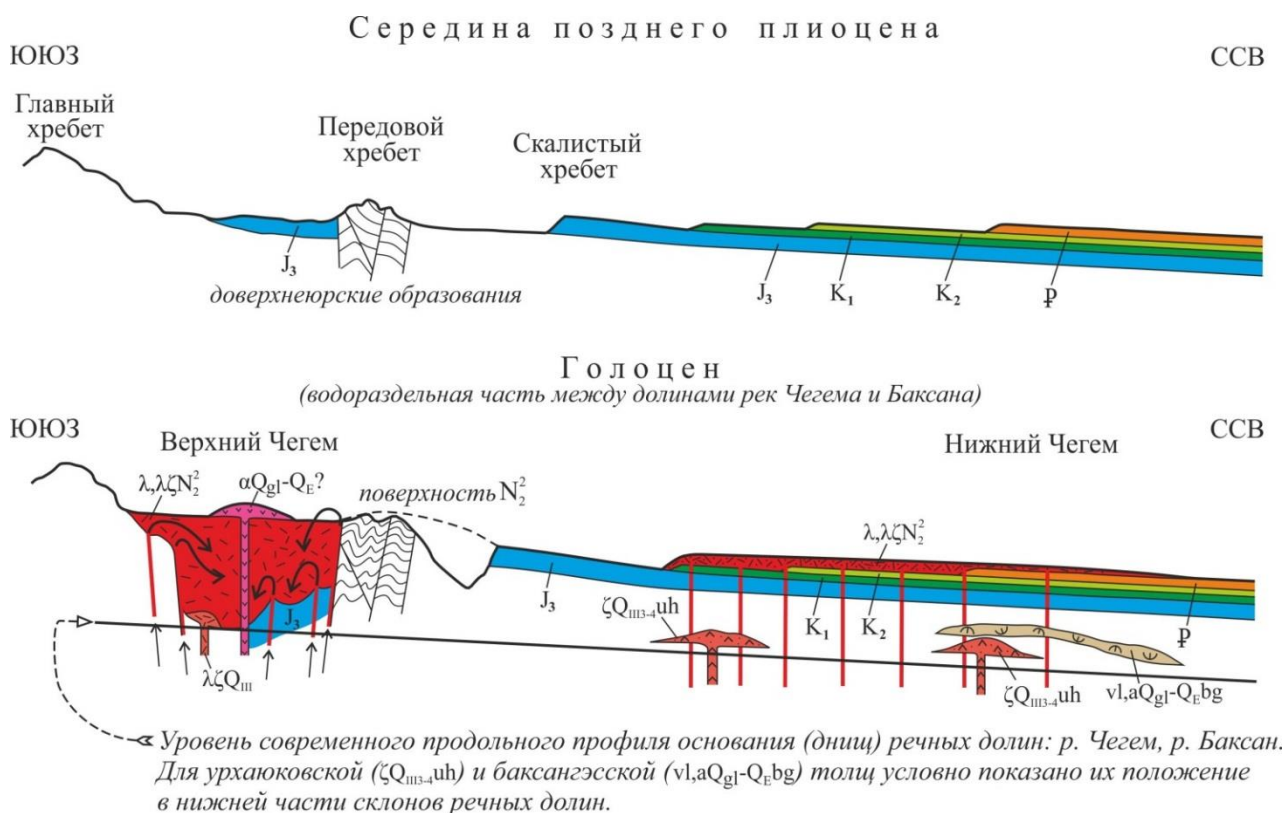


Рис. 3. Принципиальная схема образования разновозрастных кислых вулканитов в Верхне- и Нижнечегемских вулканических районах

3. Состав содержащихся в вулканитах ксенолитов, свидетельствующих об их образовании в результате извержений из автономных местных центров. В вулканитах присутствуют не только ксенолиты юрских и протерозойских кристаллических пород, развитых и на территории ВЧ нагорья, но и ксенолиты меловых и палеогеновых отложений, слагающих верхнюю часть моноклинали Центрального Кавказа. В случае, если бы обломки пород были захвачены с поверхности движущимися пирокластическими потоками, гипотетически возникшими при извержениях в ВЧ нагорье, они не содержались бы в толще НЧ нагорья на протяжении всего разреза, а присутствовали бы в ее нижней части, образованной материалом пирокластических потоков, непосредственно контактировавших с субстратом. Также обращает на себя внимание отсутствие в НЧ кислых вулканитах ксенолитов палеозойских гранитов, содержащихся в вулканитах ВЧ нагорья.

4. Отсутствие в пределах Северо-Юрской депрессии, разделяющей ВЧ и НЧ нагорья, вулканитов кислого состава, присутствие которых ожидается здесь в случае прохождения пирокластических потоков и/или переносе материала воздушным путем из района ВЧ депрессии на север и северо-восток.

5. Присутствие в пределах НЧ района продуктов как более ранней (плиоценовой андезибазальтовой), так и более поздних (гелазий-эоплейстоценовой и позднеэоплейстоценовой) фаз вулканической активности. Так, в покров вулканитов вложены пирокластические и вулканогенно-осадочные образования 3-ей фазы активности, входящие в состав кызбурунской и баксангэсской толщ, выполняющих древнюю долину р. Баксан. К продуктам 4-ой фазы относятся туфы и эруптивные брекчии, залегающие на галечниках верхнеэоплейстоценовых террас в долинах рек Чегем, Баксан и Гунделен. Эти образования свидетельствуют о наличии собственных магматических камер в земной коре под НЧ районом.

4.2. Петрографическая характеристика пород

4.2.1. Структурно-текстурные особенности пород на микроуровне

Разная степень спекания туфов и игнимбритов НЧ нагорья выражена в увеличении степени деформации изометричных обломков пористо-волокнистой пемзы, заключающейся в их уплощении и преобразовании в удлиненные стекловатые обломки с ровными или расщепленными концами – фьямме. В вулканитах ВЧ депрессии от низов к верхам разреза форма фьямме не изменяется. Черные смоляновидные риолиты основания разреза, однако, имеют сходство с пирокластитами. В отличие от разностей пород основной части вышележащей толщи вулканитов, зерна биотита в них неопацифицированы, в основной массе содержится много мелких различно ориентированных стекловатых включений неправильной формы, которые по внешнему облику похожи на пепловые частицы. Однако если допустить, что эта разность кислых вулканитов представляет собой сильно спекшиеся, превращенные в черные витрофиры, игнимбриты, трудно объяснить строение основной массы породы, в которой мелкие пепловые частицы при высокой степени спекания под нагрузкой вышележащей мощной толщи вулканитов разобщены и не приобрели плоскостную ориентировку [Короновский, Мышенкова, 2020].

4.2.2. Особенности химического состава породообразующих минералов

Изучение состава и морфологии биотитов и полевых шпатов при помощи сканирующего электронного микроскопа показало, что биотиты из риолитов и риодацитов ВЧ депрессии отличаются от биотитов из спекшихся туфов НЧ покрова наличием опацификации по объему, повышенными значениями магнезиальности и пониженными значениями железистости. Для биотитов из риолитов низов разреза ВЧ характерна неясно выраженная полосчатая зональность, обусловленная небольшой разницей в содержании окислов магния и железа. Плаггиоклазы из спекшихся туфов НЧ

нагорья представлены обломками незональных олигоклазов, реже альбитов, в то время как в кислых вулканитах ВЧ по составу, размеру и характеру зональности выделено 5 типов плагиоклазов.

4.2.3. Кластерный анализ результатов определений химического состава алюмосиликатных стекол и основной массы пород

Проведенная агломеративными методами иерархического объединения кластеров по стандартизированным результатам микрозондовых анализов кластеризация показала, что по составу алюмосиликатных стекол и основной массы пород кислые вулканиты ВЧ и НЧ районов классифицируются отдельно друг от друга и принадлежат к различным природным объектам.

4.3. Геохимические особенности пород

Кислые вулканиты ВЧ депрессии отличаются в целом идентичным характером распределения REE с отношением $(La/Lu)_N$ от 24,9 до 43,8, а также четко проявленным трендом уменьшения незначительной отрицательной Eu аномалии от низов к верхам разреза. Более интенсивному фракционированию подверглись LREE, чем HREE (рис. 4). Вверх по разрезу происходит значительное увеличение концентрации Ba и Sr, и уменьшение концентрации Li, Rb, Th, U. Увеличение концентрации Cs в породах верхней части разреза может быть связано с его повышенным содержанием в плагиоклазах и биотитах, или же с рассеянием ионов Cs в силикатном каркасе стекла, как это было установлено для риолитов и жил перлитов Тырныауза [Ляхович, 1973].

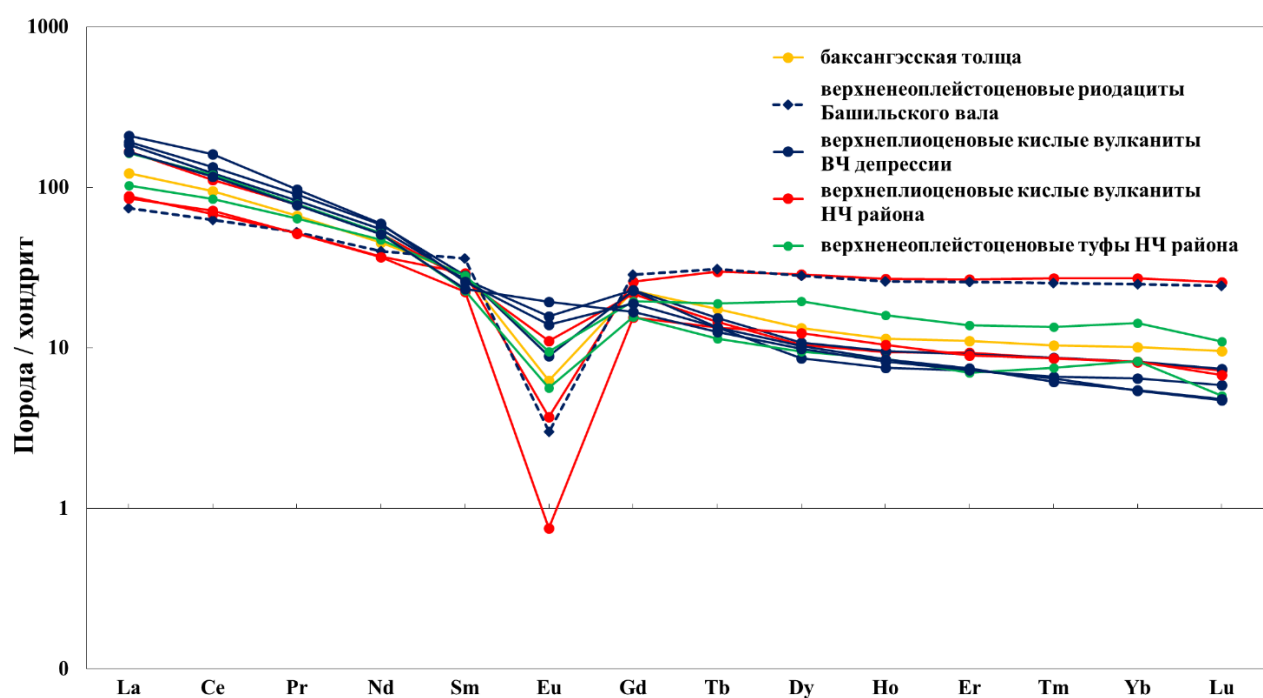


Рис. 4. Диаграмма распределения редкоземельных элементов, нормированных на хондрит [Sun, McDonough, 1989]

Для риодацитов Башильского вала, образованного во время последней поздненеоплейстоценовой фазы вулканической активности в ВЧ районе, характерно отношение $(La/Lu)_N=3,1$, низкое фракционирование LREE и HREE и резкая отрицательная Eu аномалия, что связано с фракционированием полевых шпатов. Обращает на себя внимание резкое обеднение Sr и Ba, содержание Rb и U наоборот выше, чем в вулканитах, слагающих основную толщу ВЧ депрессии. Содержание REE в туфах из разных массивов НЧ района отличается от такового в вулканитах ВЧ и между собой. В целом для вулканитов НЧ и ВЧ районов характерно наличие отрицательных Ba, Sr, Nb-Ta, Zr, Ti аномалий и положительной Pb аномалии. Сходство пород по распределению содержаний элементов-примесей на спайдер-диаграммах с изученными кислыми вулканитами Эльбрусского района, вероятно, может указывать на общий магматический источник.

4.4. Возраст вулканитов: сопоставление изотопного возраста пород с их относительным возрастом

Изотопный возраст вулканитов ВЧ и НЧ районов определялся K-Ar и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методами [Аракелянц и др., 1968; Борсук, 1979; Лебедев и др., 2006; Gazis et al., 1995 и др.], также проводилось трековое датирование вулканических стекол из испытавших перенос и переотложение бомб обсидиана, содержащихся в баксангэсской толще [Комаров и др., 1972]. Для плиоценовых вулканитов большинство изотопных датировок совпадает с относительным возрастом пород, однако K-Ar возраст верхненеоплейстоценовых туфов НЧ нагорья, упомянутый в работе [Лебедев и др., 2006] и равный $1,9 \pm 0,2$ млн. лет, явно удревнен, поскольку туфы залегают на высоте 15–40 м над современными руслами рек.

Заключение

Проведенное комплексное изучение кислых вулканитов ЭВО позволило уточнить их пространственно-временные соотношения и место в новейшей геологической истории развития вулканической области, дополнить сведения об их вещественном составе, предложить механизм образования вулканитов туфового и игнимбритового облика. Для более точного выявления времени образования вулканитов в дальнейшем можно провести изучение состава грубообломочного материала в аллювии надпойменных террас р. Кубань, выполнить детальные палеомагнитные исследования, а также трековое датирование циркона, присутствующего в вулканитах в качестве акцессорного минерала.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи, опубликованные в журналах Scopus, WoS, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защит в диссертационном совете МГУ по специальности

1. *Короновский Н.В., Демина Л.И., Мышенкова М.С.* Флюидолиты – горные породы нового генетического типа Эльбрусского вулканического района // ДАН. 2010. Т. 434. № 2. С. 1–4 (0,438 п.л. / авторский вклад 25%). Импакт-фактор WoS – 0,594.
2. *Короновский Н.В., Демина Л.И., Мышенкова М.С.* Флюидолиты Северного Приэльбрусья // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2011. № 1. С. 8–14 (1,125 п.л. / авторский вклад 20%). Импакт-фактор РИНЦ – 0,763.
3. *Короновский Н.В., Демина Л.И., Промыслова М.Ю., Мышенкова М.С.* Признаки глубинных взрывов флюидов в продуктах самостоятельного центра извержения Битюк-Тюбе (Западное Приэльбрусье) // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2013. № 2. С. 7–15 (1,125 п.л. / авторский вклад 20%). Импакт-фактор РИНЦ – 0,763.
4. *Мышенкова М.С., Короновский Н.В.* Башильский вал - позднеплейстоценовая экструзия в кальдере Верхнего Чегема (Северный Кавказ) // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2015. № 6. С. 28–35 (0,938 п.л. / авторский вклад 80%). Импакт-фактор РИНЦ – 0,763.
5. *Короновский Н.В., Мышенкова М.С.* Строение западного склона вулкана Эльбрус и Приэльбрусья // Геология и геофизика Юга России. 2016. № 2. С. 60–73 (1,512 п.л. / авторский вклад 50%). Импакт-фактор РИНЦ – 0,672.
6. *Короновский Н.В., Мышенкова М.С.* Формирование и генезис риолитовой толщи Верхнечегемского нагорья (Северный Кавказ) // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2020. № 4. С. 3–12 (1,188 п.л. / авторский вклад 50%). Импакт-фактор РИНЦ – 0,763.

Иные публикации

7. *Короновский Н.В., Мышенкова М.С.* Кала-Кулак – овраг замков // Природа. 2009. № 8. С. 54–56 (0,334 п.л. / авторский вклад 40%). Импакт-фактор РИНЦ – 0,213.
8. *Демина Л.И., Промыслова М.Ю., Короновский Н.В., Мышенкова М.С.* Признаки импактогенеза в продуктах самостоятельных центров извержения Западного

Приэльбрусья // Континентальний неовулканізм Альпійської складчастої зони Східної Європи. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. КГУ Київ, 2013. С. 34–39 (0,625 п.л. / авторський вклад 20%).

9. *Короновский Н.В., Мышенкова М.С., Брянцева Г.В.* Вулкан Эльбрус, Северный Кавказ // Жизнь Земли. 2015. Т. 37. С. 12–20 (0,699 п.л. / авторський вклад 30%).
10. *Короновский Н.В., Мышенкова М.С., Уткин И.С., Федотов С.А., Уткина Л.И.* Верхнеплейстоцен-голоценовые лавовые потоки Эльбруса и плотность поверхностного теплового потока // Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований. ГФИ ВНИЦ РАН Владикавказ, 2017. С. 101–107 (0,512 п.л. / авторський вклад 15%).
11. *Мышенкова М.С.* Сравнительный анализ кислых вулканитов Верхне- и Нижнечегемского районов (Северный Кавказ) // Материалы Международного молодежного научного форума "Ломоносов-2017". / Отв. ред. А.И. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс]. М.: Макс Пресс, 2017 (0,059 п.л. / авторський вклад 100%).
12. *Мышенкова М.С., Короновский Н.В.* Последняя фаза извержений вулкана Эльбрус (Северный Кавказ) // Динамическая геология. 2020. № 1. С. 15–27 (1,357 п.л. / авторський вклад 80%).
13. *Myshenkova M.S.* Upper Pliocene acid volcanic rocks in the Upper Chegem and Lower Chegem highlands (Northern Caucasus, Russia) // Innovations in Geology, Geophysics and Geography-2017. Conference materials of the 2nd International Youth Scientific and Practice Conference. Moscow: Pero, 2017. P. 81–82 (0,106 п.л. / авторський вклад 100%).