

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Директор ИГМ СО РАН им. В.С.Соболева  
Академик, д.г.-м.н.  
Н.П. Похиленко  
«30» апреля 2015 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

О диссертации **Щербакова Юрия Дмитриевича** «Геохимия и петрология щелочно-базальт-трахит-комендитовой серии Срединного хребта Камчатки», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – "геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых".

Диссертация общим объемом 231 страница состоит из введения, пяти глав, заключения, одного табличного приложения и список литературы из 145 наименований. Она включает 66 иллюстраций и 39 таблиц.

**Актуальность поставленной проблемы.** В последние годы в петрологической и геохимической литературе ведется оживленная дискуссия о соотношениях плейт- и плюмтектонических процессов (В.Е. Хаин, 2000). Эти процессы могут по разному соотноситься в конкретных геологических структурах и их соотношение может изменяться во времени. Одним из таких примеров является континентальная окраина Камчатки, которая является перспективной структурой для изучения магматизма на этапах смены геодинамических обстановок в зонах перехода «океан-континент». В этом плане в данной работе проведено детальное изучение особенностей минералогии и геохимии базальт-трахит-комендитовой ассоциации Срединного хребта Камчатки и показано их соотношение с островодужным магматизмом.

**Цель исследований** - является создание общей петрологической модели происхождения позднеплиоцен-раннеплейстоценовой щелочно-базальт-трахит-комендитовой серии пород вулканического пояса Срединного хребта Камчатки

**Задачи исследования** - установление времени развития, геолого-структурной позиции ЩБТК вулканических центров Белоголовский и Большой-Кекунайский в тыловой пояса Срединного хребте Камчатки; проведении их геохимической типизации; определение условий происхождения и эволюции магм с формированием дифференцированных серий; оценка изотопно-геохимических особенностей источников магм и как конечный итог разработка петрологической и геодинамической модели формирования рассматриваемой серии вулканических пород.

**Объект исследований** – вулканические центры Белоголовский и Большой-Кекунайский в тыловой пояса Срединного хребта Камчатки.

**Методы исследований** – в работе кроме стандартных геологических минералого-петрографических и геохимических методов, использованы современные изотопно-геохимические ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  и  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ), геохронологические (Ar/Ar) и проведено изучение геохимии породообразующих минералов с использованием метода LA-ICP-MS. По специальной методике ICP-MS с предварительным концентрированием проведено определение элементов платиновой группы в вулканический породах.

**Личный вклад соискателя** - В основу диссертации положены геологические материалы, полученные автором лично при проведении научных экспедиционных исследований на территории Камчатки. Лично автором был выполнен большой объем детальных минералого-геохимических исследований по изучению вещественного состава вулканических пород и минералов.

**Научная новизна работы** заключается в том, что Ю.Д. Щербаковым впервые дана детальная минералого-петрографическая и изотопно-геохимическая характеристика калиевого умеренно-щелочного вулканизма Срединного хребта Камчатки. Обоснована миграция центров вулканизма такого типа, которая происходила в этом временном интервале с северо-востока на юго-запад вдоль тыловой зоны вулканического пояса. Предложена оригинальная петролого-геодинамическая модель формирования ЩБТК вулканизма, предусматривающая резкую перестройку тектонической обстановки на позднеплиоцен-раннеплейстоценовом временном интервале, что по мнению автора привело к образованию «slab-window» и совмещению различных источников при генерации родоначальных магм.

**Защищаемые положения.** Автор выдвинул четыре защищаемых положения.

В первом обосновывается временной интервал и автономность ЩБТК вулканизма от типичного надсубдукционного вулканизма Камчатки, а также своеобразие тектонического контроля калиевого вулканизма.

Во втором на основании геохимических особенностей вулканических пород делается вывод о сочетании субдукционных и внутриплитных геодинамических обстановок.

Третье положение показывает самостоятельность трахибазальтов, тогда как трахиандезиты, трахиты и комендиты связываются с процессами кристаллизационной дифференциации исходных трахиандезитовых магм в малоглубинных промежуточных камерах.

В четвертом положении на основе изотопно-геохимических данных делается вывод об участии двух крупных мантийных источников (деплетированной литосферной мантии

«тихоокеанского» MORB типа и рециклированной литосферы с вещественными характеристиками близкими к MORB «индийского» типа) при генерации трахибазальтов.

**Апробация работы.** По теме диссертационной работы опубликовано 2 статьи в центральных российских журналах из списка ВАК - «Доклады Академии наук», «Вулканонология и сейсмология», а также 9 тезисов докладов в материалах российских конференций за период с 2010 по 2014 год. Важно отметить, что в статье в ДАН Ю.Д. Щербаков является первым автором.

### **Структура работы**

**Глава 1.** Эта глава посвящена геологической и тектонической характеристики Камчатки и в частности Срединного хребта. В ней даны современные геодинамические модели развития этого региона. Даны принципы классификации вулканических серий Срединного хребта Камчатки, которые выполнены в соответствии с рекомендациями Петрографического кодекса России и международной классификации.

К главе имеются следующие замечания.

На основе петрохимических диаграмм автор убедительно показывает, что основные вулканические породы Белоголовского и Большой-Кекунайского вулканических центров относятся к умеренно-щелочной серии (рис. 1.5.1. и 1.5.5.) и классифицируются Ю.Д. Щербаковым как высококалийевые трахибазальты, а для более поздних вулканитов «рассошинского» комплекса даже характерны породы нормального типа щелочности. При этом ни один анализ не попадает в поле щелочных базальтов. Тем не менее, в названии вулканических ассоциаций этих вулканических центров, почему-то использовано название щелочно-базальт-трахит-комендитовая серия, хотя правильнее было бы использовать название серии как трахибазальт-трахит-комендит-трахириолитовая. Ссылка на то, что «щелочно-базальт-трахит-комендитовая серия» используется в связи с необходимостью преемственности терминологии предшествующих исследований (стр. 41) не убедительна. Автор показал, что предшественники были не корректны и, соответственно, следовало бы изменить и название всей ассоциации.

Поскольку на первом этапе классификации породы отнесены к умеренно-щелочному ряду, то для них нельзя использовать диаграмму Миаширо с разделением пород на толеитовую и известково-щелочную серии, поскольку она была предложена для разделения только вулканитов нормальной щелочности.

**Глава 2.** В ней дана информация по геолого-структурной позиции и строению двух высококалийевых вулканических центров (Белоголовского и Большого-Кекунайского). Показана геологическая позиция и возрастные рубежи проявления этого типа магматизма. Проведенное автором Ar/Ar датирование в совокупности с геологическими наблюдениями позволило обосновать последовательность и длительность развития магматических событий

для обоих вулканических центров. Важно подчеркнуть, что автору удалось показать, что излияние трахибазальтов и базальтов происходило значительно позднее нежели трахитов и комендитов.

К главе имеются следующие замечания.

На схемах геологического строения вулканических центров названия вулканических пород даны без учета полученных Ю.Д.Щербаковым новых данных. Поэтому читателю очень трудно разобраться, о чем идет речь. Кроме того, на этих схемах выделены разновозрастные вулканические комплексы, которые практически не используются в данной работе. Слабо раскрыта тектоническая позиция рассматриваемых вулканических центров. Из 5 выделенных кулисообразных разломов, вулканизм проявлен только в 2. В других его нет или не изучался?

**Глава 3.** Данная глава посвящена минералого-петрографическим особенностям исследованных вулканических пород. Столь подробная характеристика высококалиевого магматизма данных вулканических центров выполнена впервые и это целиком заслуга автора диссертации. Важно подчеркнуть, что наряду со стандартным минералого-петрографическим описанием пород, анализом пороодообразующих минералов на микрозонде, выполнены геохимические анализы главных пороодообразующих и акцессорных минералов с использованием методики ICP-MS с лазерной абляцией. Эти данные автор использовал для расчетов коэффициентов распределения расплав/минерал, а также при масс-балансовых расчетах. Кроме того, детальные исследования вулканических пород на сканирующем микроскопе позволили автору впервые обнаружить и описать редкие редкоземельные силикаты в трахитах вулкана Большой.

К главе имеется целый ряд замечаний и неточностей, которые подчеркивают самостоятельность проведенного исследования.

В работе нет анализов оливинов из трахитов, есть только для трахибазальтов и трахиандезитов. Если их составы резко отличаются, то их нельзя не привести в таблице. По таблице 3.1.1 диапазон Fo для трахибазальтов 74 – 57,5, а в тексте 85-60. Чему верит? Таблица называется «представительные составы», но именно это ее обязывает представлять и экстремальные значения составов.

Для определения вида моноклинного и ромбического пироксена на классификационную диаграмму en-fs-di-hd наносят составы пироксенов с нормализованными атомами Ca, Mg, Fe ( $Fe = Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn$ ), отсюда слишком низкий параметр Fs для пироксенов (стр 70). Если в породе присутствует эгирин-авгит, то где в работе диаграммы для пироксенов с натрием (Q-Jd-Aeg например).

Почему указан ряд до ортоклаза, а не санидина, породы ведь вулканические (стр. 71). Где на рис 3.17 поле K-санидина, скорее это Na-санидины, а не калиевые. Если в комендитах

есть альбит (на рисунке 3.17 нет ни одного альбита), то зачем указывать, что самый кислый плагиоклаз-олигоклаз характерен для трахиандезитов и трахитов.

В таблице 3.2.9. нет обещанных составов биотитов. Почему так мало указано про минеральный состав слюд. Не посчитана даже железистость, что не позволяет определить «магнезиальный» биотит или «железистый».

Показанная минералогия комендитов с наличием щелочных темноцветных минералов: рибекита, арфведсонита и эгирина-авгита, не позволяет относить комендиты к умеренно-щелочной серии пород. Это щелочные породы.

Табл. 3.4.1. Содержания ниобия в плагиоклазах из трахибазальта ПП3066 отличаются в 500 раз, циркония в 200 раз, чему верить? По трахибазальтам есть данные для оливина и плагиоклаза, по трахитам – по анортоклазам, клинопироксенам, апатитам, биотитам и ильменитам. Эти выборки не пересекаются, казалось бы интересным сравнить составы соответствующих минералов из разных пород.

Как можно рассчитать КД, сравнивая состав минерала с валовым составом породы, а не составом ОМ, т.е. таблица не КД «минерал/расплав», а «минерал/(расплав+кристаллы)», что затрудняет использование этих КД при масс-балансовых расчетах.

Указано, что в трахиандезитах влк. Большой присутствует гиперстен (стр. 104). В табл. 3 низкокальциевый пироксен отмечен только для образца КВ-22, который в табл. 4.2.1 имеет кремнезема 62,23 %, а содержание  $K_2O+Na_2O$  (5.33 и 3.41) = 8.74 %. Судя по TAS диаграмме рис. 1.5.5, это поле трахидацитов. Ортопироксен не типичный минерал трахиандезитов, именно как вида горной породы, но характерен для семейства трахиандезитов-латитов. А для трахидацитов ортопироксен обычен. Указано, что в трахитах влк. Большой присутствуют микролиты пижонита и ферропижонита, табл. 3.3.1, но в этой таблице нет номеров проб, что делает невозможным идентификацию породы, из которой они взяты, может это не трахит, а трахидацит.

Вызывает вопросы диагностика редкоземельных силикатов, которые автор определил как чевкинит, а почему это не перрьерит, а именно чевкинит, это нигде в работе не обсуждается.

Если взять состава магнетитового и ильменитового микролитов из трахитов влк. Большой КВ-13 из табл. 5, взять с суммой 99,75 и 101,54 %, то по магнетит-ильменитовому геотермометру (<http://ctserver.ofm-research.org/OxideGeotherm/OxideGeotherm.php>) получается 898С, что выше почти на 100 градусов, чем приведенный в работе результат 741-794С. Из каких данных получились такие оценки непонятно.

Вызывает недоумение оформление таблиц с составами минералов, в примечаниях к таблицам указано, что «н.о.» - не обнаружено. Не обнаружено, потому что не анализировался данный компонент или ниже предела обнаружения, что затрудняет использование

полученного фактического материала другими исследователями. Иногда содержания компонентов указаны как «0,00», что не допустимо. Также крайне нежелательно в первичной фактической информации приводить расчетные данные, не комментируя, каким образом, они получены. Например, содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO}$  для составов полевых шпатов, указывая при этом, что  $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  рассчитано по стехиометрии, но как именно остается загадкой, что опять же затрудняет, если не делает невозможным, использование полученного фактического материала другими исследователями. Тем более, что для полевых шпатов разделение на  $\text{Fe}^{2+}$   $\text{Fe}^{3+}$  не актуально, а для амфиболов такое разделение нужно, но почему-то не проведено.

**Глава 4.** Данная глава посвящена геохимической характеристике вулканических пород рассматриваемых вулканических центров калиевого магматизма Срединного хребта Камчатки. В этой главе также приведен в основном оригинальный авторский материал. Сопоставление полученных данных, с предшествующим магматизмом фундамента и мировыми аналогами позволило автору убедительно показать сочетание как субдукционных, так и внутриплитных геохимических и изотопно-геохимических характеристик высококалиевого вулканизма этого этапа. Очень интересные данные получились при сопоставлении геохимии амфиболовых и биотитовых трахитов. Эти материалы требуют дальнейшего осмысления. Приведены оригинальные данные по распределению элементов платиновой группы в рассматриваемых вулканитах.

К главе имеются следующие замечания.

На основании разрывов составов пород на диаграммах для петрогенных и редких элементов автор делает вывод о существовании нескольких исходных магм, трахибазальтовой и трахиандезитовой. Но ведь это очевидно и из геологических и геохронологических данных. Поскольку трахибазальты изливались позднее (см. главу 2).

Сомнительно, что по распределению ЭПГ можно оценить состав магмагенерирующего субстрата. Распределение этих элементов в значительной мере контролируется поведением сульфидной фазы, как при плавлении, так и при кристаллизации. Автором получены очень низкие концентрации ЭПГ, сопоставимые с MORB базальтами (рис. 4.3.1.). Вряд ли по этим данным можно судить, что источником магм было вещество эклогитизированной океанической коры. Во первых, при малых степенях плавления эклогитов будут генерироваться адакиты, а не трахибазальты. Во вторых, для океанической коры MORB типа на характерен калий, а ведь специфика рассматриваемых вулканитов высокий калий, барий и стронций!

**Глава 5.** В данной главе на основе обобщения минералого-петрографических, геохимических и изотопно-геохимических данных автор попытался оценить условия образования и генетические связи различных пород высококалиевых трахибазальт-трахит-

комендитовых ассоциаций. Здесь наиболее интересными и оригинальными данными являются изотопно-геохимические характеристики, которые для данных вулканических центров выполнены впервые. Проведено их сопоставление и имеющимися литературными данными по Камчатке, Алеутам и другим регионам. Эти данные использованы при построении геодинамических моделей. Автор предлагает оригинальную модель геодинамического развития Срединного хребта Камчатки. Главным в этой модели является тот факт, что проявления высококалиевого магматизма не связано с субдукционными процессами, а обусловлено перестройкой геодинамических режимов. При этом автор одним из условий активизации плюмового магматизма предлагает модель отрыва слэба (slab-window). Эта модель действительно может объяснять прекращение и перестройку субдукции и появление разогретых расплавов именно на этом этапе, но она не объясняет появление высококалиевых и обогащенных фтором расплавов.

К главе имеются следующие замечания.

Приведенные в работе оценки давления кристаллизации минералов вкрапленников дают очень большой разброс, что вызывает сомнения в их корректности. В то же время это может свидетельствовать о полибарическом режиме эволюции магм в системе эшелонированных промежуточных камер. При этом приведенные в работе оценки в 11-13 кбар по пироксену (стр. 147) вряд ли можно считать малоглубинными. Это скорее камеры на границе МОХО.

Автор указывает, что «от трахитов к комендитовым трахитам и далее к комендитам количества минералов-вкрапленников резко снижаются в порядке 30-10, ~5 и <1 об.%, соответственно. Такое направленное снижение объема кристаллического компонента в указанной серии пород, наряду с общей направленностью смены составов их минеральных парагенезисов и геохимических характеристик может быть объяснено с позиций реализации процессов кристаллизационной дифференциации». При кристаллизационной дифференциации как раз, наоборот по мере эволюции расплава идет возрастание числа фаз и следовательно возрастание числа вкрапленников. Кроме того, в средних и кислых расплавах можно предполагать не отсадку кристаллов, а их всплывание, что тоже не способствует уменьшению числа вкрапленников.

Есть большие сомнения в корректности масс-балансовых расчетов. Дело в том, что при кристаллизационной или кристаллизационно-гравитационной дифференциации магм мы не можем произвольно менять фазовый состав и количественные соотношения минералов. Они четко задаются положениями соответствующих котектик при определенных давлениях.

**Заключение** содержит основные выводы автора, резюмирует его построения, сделанные в предыдущих главах. Здесь также делается акцент на геодинамическую модель формирования высококалиевого вулканизма.

Переходя к общим положениям отзыва, можно говорить о том, что Ю.Д. Щербакову удалось дать квалифицированную минералого-петрографическое и изотопно-геохимическую характеристику высококалийного вулканизма Срединного хребта Камчатки и предложить петролого-геодинамическую модель его развития. Все это позволяет говорить о его диссертации, как о завершённой работе, внесшей определённый вклад в понимание геологических и геохимических процессов вулканизма Камчатки. Сделанные замечания не умаляют общей положительной оценки работы.

Диссертация своим содержанием полностью обосновывает защищаемые положения. Все рассмотренные положения работы нашли отражение в публикациях Ю.Д. Щербакова. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и защищаемым положениям.

В соответствии с п. 9–11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24 сентября 2013 г., настоящая диссертация является серьёзным научно-квалификационным исследованием, внесшим определённый вклад в вопросы геохимии и изотопной геохимии, ее автор Щербаков Юрий Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Заведующий лаборатории петрологии и рудоносности  
магматических формаций ИГМ СО РАН, д. г.- м. н., профессор

Изох Андрей Эмильевич

С. н. с. лаборатории петрологии и рудоносности  
магматических формаций ИГМ СО РАН, к. г.- м. н.

Шелепаев Роман Аркадиевич

Подписи А.Э. Изоха и Р.А. Шелепаева заверяю  
Нач. канцелярии ИГМ СО РАН

Отзыв обсужден и одобрен на заседании лаборатории петрологии и рудоносности магматических формаций ИГМ СО РАН, протокол от 29 апреля 2015 года

630090, Новосибирск-90, пр. Академика Коптюга, дом 3, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии имени В.С.Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН)

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ  
ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ  
У.В. ГАЛЬЦОВА  
30.04.2015г.