

**Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН**

**29 – 30 марта 2010 г.**

**Тезисы докладов  
научной конференции, посвященной  
Дню вулканолога**

**Тема конференции:**

**Современный вулканизм и  
связанные с ним процессы**



**Организационный комитет:**

Муравьев Я.Д. (к.г.н., председатель), Леонов В.Л. (к.г.-м.н., зам.председателя),  
И.В. Мелекесцев (д.г.-м.н.) Ушакова С.Н. (секретарь),  
Калачева Е.Г. (к.г.-м.н.), Самойленко С.Б. (к.ф.-м.н.)

## ПРОСТРАНСТВЕННО – ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КАМЧАТСКОЙ ЗОНЕ СУБДУКЦИИ И ИХ ВОЗМОЖНАЯ СВЯЗЬ С ГЕНЕРАЦИЕЙ ЦУНАМИ

Авдейко Г.П., Палуева А.А.

При проведении ретроспективного анализа сейсмических событий по сегментам, выделенным нами в Камчатской зоне субдукции, мы обратили внимание на рои землетрясений, в пространственном распределении которых намечаются определенные закономерности. Все 19 роев, зарегистрированных за период детальных наблюдений (1962-2009 гг.), были приурочены к подводным горам на подводных хребтах-барьерах, отделяющих Авачинскую и Кроноцкую впадины от Курило-Камчатского глубоководного желоба. 8 из 19 роев были приурочены к подводной горе Северо-Авачинского сегмента, три роя – к подводной горе Ходуткинского сегмента, два – к подводной горе Южно-Авачинского сегмента. Самый мощный рой, произошедший в июне-июле 1996 г., охватил подводные горы Ходуткинского и Южно-Авачинского сегментов. Кроме того, два роя были зарегистрированы в Южно-Шипунском сегменте в пределах подводного хребта, отходящего от Шипунского полуострова и три роя – в пределах подводной возвышенности Южно-Кроноцкого сегмента.

На вращаемых блок-диаграммах и на поперечных разрезах видно, что «облака» гипоцентров большинства роев имеют отчетливый наклон на юго-восток под углом  $40-50^\circ$ . Несмотря на то, что точность определения глубины гипоцентров недостаточна, такой наклон практически всех роев, за исключением роев, приуроченных к границам сегментов, представляется не случайным. Подводные горы (возвышенности), по-видимому, представляют собой верхние части надвиговых блоков, формирующихся в пределах сегментов. Образование таких надвигов в зонах субдукции подтверждено экспериментально (Лобковский и др., 1980). При сильных землетрясениях движения по надвигам, очевидно, может сопровождаться резким изменением рельефа дна и, соответственно, образованием волн цунами. Рассмотренные роевые землетрясения были недостаточно сильными и не сопровождались образованием волн цунами. Сильные землетрясения надвигового типа, сопровождаемые цунами, были отмечены в прошлом. Несмотря на низкую точность определения координат до середины XX века, эпицентры многих генерирующих цунами землетрясений расположены на подводных горах или вблизи них. Так эпицентр землетрясения 1737 г. располагался вблизи очаговых зон шести роев землетрясений, приуроченных к подводным горам Ходуткинского и Южно-Авачинского сегментов. Эпицентр самого разрушительного цунамигенерирующего землетрясения 1952 г. располагался в юго-восточной части очаговых зон 8-ми роев Северо-Авачинского сегмента. Эпицентр цунамигенерирующего землетрясения 1923 г. был приурочен к подводной горе Северо-Шипунского сегмента и, по-видимому, в настоящее время здесь идет накопление сейсмической энергии для следующего, вероятно, цунамигенерирующего события. Особый интерес представляет подводный хребет в пределах Южно-Кроноцкого сегмента, где в 1792 г. произошло цунамигенерирующее землетрясение ( $M=8.4$ ). Участок этого землетрясения представлял собой зону сейсмического «молчания» внутри очаговой зоны Кроноцкого землетрясения 1997 г. По-видимому, это надвиговый блок с очень сильным сейсмическим сцеплением и здесь также идет накопление сейсмической энергии.

По предложенной модели формирование надвиговых блоков обусловлено сильным сейсмическим сцеплением (трением) между подвигаемой Тихоокеанской и надвигаемой (нависающей) Охотской литосферными плитами. Вероятно, все подводные горы в пределах хребта-барьера представляют опасность образования цунами при сильных землетрясениях.

## **МИГРАЦИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ, ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Акманова Д.Р., Осипова Н.А.

Сейсмичность и вулканизм относятся к числу важнейших геодинамических процессов Земли, происходящих в местах интенсивного взаимодействия тектонических плит. Самым активным регионом на Земле является окраина Тихого океана, в пределах которой происходят практически все сильные и катастрофические сейсмические и вулканические события планеты.

Явление миграции очагов землетрясений достаточно полно исследовано и не вызывает сомнений: миграция отражает волновую природу сейсмического процесса (Акманова и др., 2008; Викулин, 2009; Викулин и др., 2009). Многими исследователями отмечалось, что сейсмический и вулканический процессы взаимосвязаны. Примером такой тесной взаимосвязи может служить модель региональной катастрофы (Мелекесцев, 2005), объединившая в единый процесс 15 активно извергавшихся вулканов и серию сильнейших землетрясений, произошедших на Камчатке в течение 5 лет в 1737-1742 гг. Такая катастрофа, по мнению автора, явилась результатом «регионального «согласия» между вулканизмом и сейсмичностью» (Мелекесцев, 2005).

На основании известных мировых и региональных каталогов сейсмических событий и вулканических извержений, в едином формате была создана электронная база данных о землетрясениях и вулканических извержениях (Викулин, 2009; Викулин и др., 2009). Показано, что извержения тихоокеанских вулканов, как и землетрясения, имеют тенденцию мигрировать вдоль окраины Тихого океана. Это позволило сформулировать вывод о волновой природе планетарного вулканического процесса (Акманова и др., 2008; Викулин, 2009; Викулин и др., 2009). Анализ показал, что, как и землетрясения, вулканические извержения по величине (объему извергнуто материала) распределены в соответствии с графиком повторяемости, что подтверждается данными других авторов (Токарев, 1987, 1991; Голицын, 2003).

Таким образом, сейсмичность и вулканизм регионально взаимосвязаны, имеют близкие энергетические и пространственно-временные характеристики, что позволяет сейсмический и вулканический процессы использовать в качестве элементарных моделей единого волнового геодинамического планетарного процесса.

## **ВАРИАЦИИ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДОНА (OARn) В ЮЖНЫХ СЕКТОРАХ КАЛЬДЕР КАРЫМСКОЙ И АКАДЕМИИ НАУК В СВЯЗИ С ИЗВЕРЖЕНИЯМИ ВУЛКАНА КАРЫМСКОГО И КРАТЕРА ТОКАРЕВА**

Андреев В. И., Ананьев В. В.

Термальные источники Академии Наук и Карымские известны давно (Влодавец, 1947; Иванов, 1974). Возраст Карымских гидротерм, возможно, сопоставим с возрастом Карымского вулкана (~5 тыс. л.), а возраст источников Академии Наук, видимо, значительно старше.

Систематическое исследование радона в свободных газах Карымских источников начато А. М. Чирковым (1965) и продолжено Ю. В. Адамчуком и П. П. Фирстовым (1986). В 1996 г исследование (OARn) в спонтанных газах кальдер Карымской и Академии Наук было продолжено (Андреев, Карпов, 2005; Андреев, 2006; Андреев, Николаева, 2008).

До извержений вулкана Карымского и кратера Токарева в 1996 г выделение спонтанных газов было приурочено преимущественно к термальному источнику в Теплом озере (Карымская кальдера). По данным А.М. Чиркова вариации OARn в спонтанном газе этого источника, расположенного в нескольких километрах выше верхней кромки периферического очага (Хренов и др., 1982), составляли от десятых долей до 8,5 эман и были прямо связаны с активностью вулкана Карымского. Логично было ожидать продолжения отмеченной тенденции.

Извержения Карымского вулкана и кратера Токарева 2 января 1996 г. с сопутствующей сейсмотектонической активизацией сильно изменило расположение, режим и OARn Карымских гидротерм (приводится схема бывшего и современного расположения источников и график OARn с начала извержения до 2006 г).

В кальдере Академии Наук при извержении кратера Токарева образовался полуостров Новогодний с несколькими (порядка 10) термальными источниками. Возникли новые группы гидротерм: Медвежьи ~ в 1 км к юг-юго-востоку от истока р. Карымской на берегу озера на 0.8 м выше обычного его уровня; Береговые ~ в 1 км на восток от источников Академии Наук наблюдаются выходы газов вдоль берега озера на глубине 0 – 1,2 м в зоне протяженностью ~ 150 м; Западная группа источников Академии Наук ~ в 300 м к север-северо-западу от источников Академии Наук, где после извержения кратера Токарева возник гейзер и много новых источников. Составлена схема их расположения.

Начиная с 1996 г, не реже раза в год, проводятся режимные наблюдения с полевыми определениями OARn и последующими лабораторными определениями состава спонтанных газов.

Составлены графики средних OARn источников Карымских и кальдеры Академии Наук с начала извержения до 2006 г. Представлено обсуждение результатов проведенных исследований, где сделана попытка установления связи режима термальных источников с извержениями вулкана Карымского и кратера Токарева. Рассмотрены особенности состава газов ряда источников и приведены ориентировочные величины расходов спонтанных газов.

## О ПРИСВОЕНИИ НАЗВАНИЙ БЕЗЫМЯННЫМ ФОРМАМ ПОДВОДНОГО РЕЛЬЕФА, РАСПОЛОЖЕННЫМ В ТИХОМ ОКЕАНЕ

Бондаренко В.И.<sup>1</sup>, Рашидов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Костромской Государственный Университет им. Н.А. Некрасова, Кострома;*

<sup>2</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В настоящее время среди многочисленных безымянных форм подводного рельефа в различных частях Тихого океана, открытых или детально изученных камчатскими вулканологами в рейсах НИС «Вулканолог», официальное наименование присвоено только двум постройкам – активному подводному вулкану Пийпа, расположенному в южной части Командорской котловины, и меловому гайоту Вулканолог, расположенному в цепи Магеллановых гор.

Активный подводный вулкан, открытый в 1979 г. в 7-ом рейсе НИС «Вулканолог» назван новозеландскими учеными сначала «Руссиан», а затем «Вулканолог», но официально это наименование на комиссии GEBCO не утверждено.

До сих пор, к сожалению, ни одно название подводных вулканов Курильской островной дуги (КОД), широко используемые в отечественной и зарубежной геолого-геофизической литературе, не утверждено официально Правительством Российской Федерации.

Узаконить названия подводных вулканов КОД, широко используемые в отечественной и зарубежной геолого-геофизической литературе, следует в минимально короткие сроки с целью их сохранения как части исторического и культурного наследия народов Российской Федерации.

В настоящее время также назрела необходимость увековечить память отечественных ученых-вулканологов, внесших значительный вклад в изучение подводного вулканизма, как Курильской островной дуги, так и всего Тихого океана, назвав их именами ряд подводных вулканов. Не вызывает сомнений, что именно институты ДВО РАН, и, в первую очередь, Институт вулканологии сейсмологии, должны выступить инициаторами в этом начинании.

Работа выполнена при финансовой поддержке Дальневосточного отделения РАН (проект 09-III-A-08-427).

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ГАЗО-ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЙ У ПОДНОЖИЯ ОБВАЛЬНОГО ЦИРКА, ОБРАЗОВАВШЕГОСЯ ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО СОБЫТИЯ 3 ИЮНЯ 2007 Г. В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ (КАМЧАТКА)

Вергасова Л.П., Сандиминова Е.И., Москалева С.В., Кржижановская М.Г.,  
Дунин-Барковская В.В., Пузанков М.Ю., Кирюхин А.В.

При проведении комплекса исследований, при оценке последствий катастрофического события 03.06.07 г., в Долине гейзеров был установлен, наряду с другими вновь образованными объектами, открытый к северо-западу подковообразный амфитеатр обрушения с вытянутой в северо-восточном направлении субвертикальной стенкой, высотой 150 м и протяженностью порядка 800 м с полого наклонным днищем длиной 400-600 м. У подножия обвального цирка было отмечено появление новых термопроявлений. В настоящем сообщении приводятся результаты исследований трещинной минерализации в зоне термопроявлений.

Исследуемые образцы пород с трещинной минерализацией, отобранные в стенке обвального цирка, вблизи его подножия, предварительно были изучены под биноклем. Породы в непосредственной близости от минерализованных трещин представлена плотным пепло-пемзовым туфом серовато-кремовато-белого цвета. Отдельные зерна под биноклем не просматривались. На свежем сколе отмечался раковистый излом. Следует отметить характерное свойство этого туфа, интенсивно притягивать воду. Многочисленные трещины, хорошо визуально наблюдаемые благодаря буроватому цвету, большей частью имели волосовидный облик. Максимальная мощность минерализованных трещин достигала 2-3 мм. Наиболее крупные трещины были заполнены кристаллическим веществом, которое относительно легко отделялось от субстрата в виде полупрозрачных пластин темно-бурого цвета.

На рентгенофлуоресцентном спектрометре "S4 PIONEER" проведено химическое исследование вещества вмещающей породы и традиционным методом мокрой химии (силикатный анализ) валового состава вещества трещин. При идентификации минералов использован рентгенометрический анализ (Rigaku, С.-ПбГУ) и микрозондовый анализ (Camebax, ИВиС ДВО РАН). Методом порошковой дифрактометрии (ДРОН-2.0,  $\text{Cu}_{K\alpha}$ -излучение, С.-ПбГУ) выполнен рентгенофазовый анализ вещества вмещающей породы, находящейся в непосредственной близости от трещин, а также петрографическое исследование этой породы.

По результатам минералогических исследований кристаллическое вещество трещин представлено гипсом  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , сульфидами железа (пиритом  $\text{FeS}_2$ ?) и гидроокислами железа ( $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Наличие гидроокислов Fe окрашивает вещество трещин в бурый цвет. Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о присутствии во вмещающей породе высококремнистых цеолитов – клиноптилолита и морденита. Из гидротермальных глин наиболее вероятно присутствие монтмориллонита.

Образование вторичных минералов (гипс, сульфиды и гидроокислы железа, высококремнистые цеолиты) является одной из характерных особенностей гидротермальной переработки вулканитов в недрах гидротермальных систем. Термопроявления у подножия обвального цирка маркируют трещину отрыва, образование которой, «судя по аэрофотоснимкам, ... произошло в период 1973-1989 гг.» (Дрознин, 2007). Система оперяющих трещин создала благоприятные условия для формирования зоны паро-газовой разгрузки, которая совместно с воздействием грунтовых вод привела к снижению трения в подошве склоновых оползней. Факторами, служащими спусковым механизмом для начала перемещения оползневых тел, могут стать землетрясение, перегрузка склонов и др.

## ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ В ГЕОДИНАМИКЕ (ТЕКТОНИКА + ВУЛКАНИЗМ + СЕЙСМИЧНОСТЬ) И МЕХАНИКЕ

Викулин А.В.<sup>1</sup>, Иванчин А.Г.<sup>2</sup>, Викулина С.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Торговый дом «Музыка», г. Томск,*

<sup>3</sup> *Камчатский филиал ГС РАН*

Проблема вращательных движений актуальна для геодинамики. Повороты геофизических блоков, тектонических плит, геологических и тектоно-вулканических структур описаны и инструментально зарегистрированы в различных полях многими исследователями (Викулин, 2008, 2009; Вихри, 2004; Колосков, Аносов, 2006; Ротационные, 2007). Бурный рост испытывает ротационная сейсмология (BSSA, 2009; Teisseyre, Takeo, Majewski, 2006). Разработаны модели геосреды (Быков, 2005; Садовский, 2004; Пейве, 1961; Лукьянов, 1999; Николаевский, 1995; и др.), показана ее энергонасыщенность (Пономарев, 2008), что предъявляет дополнительные специфические требования к применяемым для ее описания моделям сплошной среды.

Тензор напряжений согласно самым общим физическим представлениям должен быть симметричным (Ландау, Лифшиц, 2003), что для реальных (состоящих из большого числа дефектов и мезоструктур (Панин, 1998; Рыбин, 2002) твердых тел в настоящее время пока не может быть согласовано с рядом эффектов (Порубов, 2009). Ситуация усугубляется тем, что при деформировании тела слагающие его мезоструктуры, как целые, поворачиваются (Владимиров, Романов, 1986). Математически строгое описание таких поворотных движений приводит к появлению моделей среды, типа континуума Коссера, в рамках которых не находят своего экспериментального подтверждения ротационные модули (Новацкий, 1975; Порубов, 2009).

В рамках классической теории упругости с симметричным тензором напряжений для геосреды, состоящей из блоков с собственными моментами, построена ротационная волновая модель геодинамического процесса (Викулин, 2003, 2009; Викулин, Иванчин, 1997, 1998, 2002). Дальнодействие геоблоков в такой модели осуществляется посредством нового типа возмущений - ротационных волн, являющихся такими же характерными для вращающейся блоковой среды, как продольные и поперечные волны (Викулин, 2008). В рамках ротационной модели вращение Земли вокруг своей оси «выступает в качестве» фактора, который «выстраивает» геоблоки в геодинамические (геофизические, тектонические и геологические) структуры, что позволяет объяснить взаимосвязи между рядом геодинамических явлений (Викулин, 2003, 2008, 2009).

«Многочисленные попытки органически связать теорию дислокаций и мезомеханику ... были безуспешными» вследствие того, что «носителями пластического течения на мезоуровне являются трехмерные мезообъемы, которые перемещаются по схеме «сдвиг + поворот»» (Панин, 1998). Применение элементов ротационной геодинамики к задачам механики и мезомеханики позволит от схемы В.Е. Панина перейти, на наш взгляд, на новый уровень исследований в рамках теории с симметричным тензором напряжений к модели «чистого» поворота с возможным последующим сдвигом (Викулин, Иванчин, 2002).

# ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ СУЛЬФИДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕГО ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ШАНУЧ»

Викулин А.В.<sup>1</sup> Распопин М.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии, г. Петропавловск-Камчатский, Россия*

<sup>2</sup> *ЗАО НПК «Геотехнология», г. Петропавловск-Камчатский, Россия*

Ликвационное месторождение «Шануч», в соответствии с представлениями О.Б. Селянгина (2003, 2007, 2009), возникло в процессе внедрения и последующего за ним остывания и кристаллизации магмы основного состава, содержащей сернистые соединения металлов. Со временем происходило разделение (ликвация) остывающего расплава на две не смешивающиеся жидкости - силикатную и сульфидную. При отвердевании силикатного расплава образовывались магматические породы габбро-перидотитового состава, а при кристаллизации сульфидного расплава возникли залежи сульфидных руд. Образовавшиеся в результате ликвации магмы сульфидный и силикатный расплавы в дальнейшем кристаллизовались независимо друг от друга, причем выделение силикатов опережало выделение сульфидов на 200-300 °С.

В зависимости от геологической и тектонической обстановки сульфиды могли оставаться на месте, образуя скопления сингенетичных руд, или проникать в трещины в теле интрузива и зоны дробления по контакту с вмещающими породами, формируя «отщепленные» тела медно-никелевых руд.

Шанучевское оруденение связано с двумя штокообразными телами принадлежащих первой фазе внедрения. Ко второй фазе отнесены гораздо более распространенные безрудные амфибол-биотитовые породы ряда габбро-кварцевых диоритов. Внедрение рудоносных базитов шанучского рудного поля имело интрузивный характер, при котором рудный сульфидный расплав играл роль смазки и носителя дробившихся блоков материнских и ксенолитов вмещающих пород. Безрудные и рудоносные базиты Шануча представляют серию генетически родственных пород полигенного, метамагматического и собственно магматического происхождения. Ликвационное обособление рудного сульфидного расплава происходило стадии дифференциации магмы в очаге, предшествовавшей отделению ее безрудных фракций.

Согласно производственных отчетов ЗАО НПК «Геотехнология» начиная с 1970-х гг. на месторождении «Шануч» были проведены электроразведочные работы методами МПП, ВП и магниторазведка. Анализ результатов выполненных работ говорит о том, что объект поиска достаточно отчетливо выражен в геофизических полях. Рудные тела Шанучского месторождения, проявляются контрастными аномалиями в целом ряде геофизических полей. Высокие значения поляризуемости и магнитной восприимчивости, низкое электрическое сопротивление являются характерными параметрами зон сульфидного оруденения, что многократно подтверждалось предшественниками, начиная с 1973 года.

Подводя итог обработки геофизических данных, которые были подтверждены бурением, можно констатировать, что основная масса запасов руды и металлов сосредоточена в центральном блоке рудной залежи. На горизонтах 350-450 м эта часть залежи представляет собой трубообразное тело, мощность которого составляет 25-45 м. Вверх и вниз она уменьшается (до 15-19 м и до 7-113 м) и залежь приобретает линзовидную форму. На глубину центральный блок рудного тела прослежен до отметки 210 м. Максимальный процент содержания Ni в руде составляет-11%.



## СОСТАВ OL-SP ПАРАГЕНЕЗИСОВ И РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПОРОДАХ МОНОГЕННЫХ ЦЕНТРОВ ИЧИНСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО УЗЛА: РАСЧЕТ СОСТАВА ИСТОЧНИКОВ МАГМ И УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВОВ

Волынец А.О., Чурикова Т.Г., Пономарев Г.П., Пузанков М.Ю.

Изучены составы оливин-шпинелевых парагенезисов и расплавных включений в оливинах в трех породах из двух монокристаллических центров Ичинского вулканического узла: в базальте и андезибазальте лавового потока Южный Черпук, образовавшегося 6500 <sup>14</sup>C лет назад (Певзнер, 2004), и в высоко-титанистом базальте г.Скалестая позднелейстоценового возраста. Состав оливина в трех изученных образцах колеблется от Fo71 до Fo87. Состав оливин-шпинелевых парагенезисов указывает на то, что эта ассоциация кристаллизовалась из расплавов, уже прошедших определенную эволюцию. Наблюдаемые различия в хромистости шпинелей ( $Cr\# = 0,2-0,69$ ) связаны с существенными вариациями в содержании  $Al_2O_3$  (от ~11 до ~41 вес. %, за исключением двух безхромистых шпинелей из базальта (г.Скалестая), с содержанием глинозема около 50 вес.%) при относительно постоянном содержании  $Cr_2O_3$ . Концентрация алюминия коррелирует с  $Mg\#$  шпинели. Состав расплавных включений в оливинах Южного Черпука и г.Скалестой не может быть описан в рамках процессов фракционной кристаллизации; вероятнее всего, имеющиеся различия обусловлены гетерогенным составом мантийного источника.

По составу равновесных оливин-шпинелевых парагенезисов, валовому составу исходного образца базальта начальной стадии извержения Южного Черпука и составу расплавных включений в оливинах этого образца, были рассчитаны условия равновесия этого парагенезиса с расплавом, соответствующим валовому составу породы для «сухих» условий (по термометрам и барометрам Пономарева и Пузанкова (2009)), которые составили  $1220-1240 \pm 36^\circ C$ . Давление, рассчитанное по составу квазиравновесной шпинели составило  $6,5-10,3 \pm 2$  кБар. Это соответствует глубине равновесной кристаллизации минеральной пары порядка 30 км. Большой диапазон значений давления, определенных с использованием составов только шпинелей, вероятно, связан как с переуравновешиванием шпинелей, так и с тем, что эти оценки даны для «сухих» условий. Рассчитанные температуры равновесия оливин-расплав по геотермометру (Putirka, 2008) для расплавных включений г.Скалестая составили порядка  $1300^\circ C$ .

На основании составов расплавов и пород по модели, описанной в (Volynets et al., 2009), рассчитаны предположительные составы мантийных и флюидных источников, принимавших участие в генерации магм.

## АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ В 2009 Г.

Гирина О.А., Коновалова О.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В.,  
Нуждаев А.А., Ушаков С.В., Демянчук Ю.В.

В 2009 г. в состоянии высокой активности находилось пять вулканов Камчатки (Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Карымский и Корякский).

Продолжалось экструзивно-эффузивно-эксплозивное извержение вулкана *Шивелуч*, происходили отдельные пепловые эксплозии до 8-10 км над у.м. В течение всего рассматриваемого периода времени на куполе наблюдались раскаленные лавины, пепел которых поднимался до 5-6 км н.у.м. Пепловые шлейфы протягивались на расстояние более 300 км в восточных и южных направлениях от вулкана.

В январе закончилось эксплозивно-эффузивное извержение вулкана *Ключевской*, начавшееся в 2008 г. Пепловые столбы поднимались до 6.8 км над у.м., а пепловые шлейфы протягивались преимущественно в восточном направлении от вулкана на расстояние более 230 км. В сентябре началось очередное его эксплозивно-эффузивное извержение. Наблюдалась стромболианская активность вулкана и излияние двух лавовых потоков по его восточному склону. Парогазовые столбы поднимались до 6.2 км над у.м., шлейфы протягивались до 90 км от вулкана.

Наблюдалась повышенная активность вулкана *Корякский*, парогазовые с содержанием пепла столбы поднимались до 5.5 км над у.м., пепловые шлейфы протягивались на расстояние около 650 км в восточном и северном направлениях от вулкана.

16 декабря 2009 г. произошло сильное эксплозивное извержение вулкана *Безымянный* с подъемом пепловых шлейфов до 10 км над у.м. и протяженностью более 370 км на запад от вулкана.

Продолжалось слабое эксплозивное извержение вулкана *Карымский* с подъемом пепловых облаков до 4.2 км над у.м. и распространением шлейфов в восточном направлении от вулкана.

На вулканах Шивелуч, Ключевской, Карымский, Безымянный, Корякский, Авачинский, Горелый, Мутновский и Малый Семячик (Камчатка) в течение 2009 г. неоднократно отмечались термальные аномалии.

В течение пароксизмальных фаз извержений вулканов Шивелуч и Безымянный, когда пепловые шлейфы распространялись на высотах 7-10 км над у.м., эти вулканы представляли опасность для международных авиалиний. Потенциальная опасность для местных авиалиний существовала в течение всего года.

## ОТЛОЖЕНИЯ ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ВОЛН ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ

Гирина О.А., Нуждаев А.А.

После катастрофического извержения вулкана Шивелуч в 1964 г. в научной литературе долгое время дискутировался вопрос о различиях этого извержения и извержения вулкана Безымянный в 1956 г. Одним из главных отличий вышеуказанных событий считалось отсутствие «песка направленного взрыва» на вулкане Шивелуч. В современном понимании, отложения «песка направленного взрыва» являются отложениями пирокластических волн. Ученые, изучавшие историю развития вулкана Шивелуч (Старого и Молодого), продукты извержений 1964 г., а также связанных с ростом лавового купола вулкана Молодой Шивелуч в период 1980-2001 гг., не описывали в них отложения пирокластических волн.

27-28 февраля 2005 г. (с 18:25 м. вр. 27 февраля до 01:00 м. вр. 28 февраля) произошло наиболее сильное с 1964 г. эксплозивное извержение вулкана. В ходе извержения видимая высота купола уменьшилась приблизительно на 300 метров; образовались пирокластические потоки, распространившиеся на 28 км, в основном, по долине р. Байдарной. Кроме отложений пирокластических потоков очень ярко были выражены следы сопутствовавшим им пирокластических волн. По грубым оценкам, общий объем поступившей на поверхность пирокластики составил около 0.5 км<sup>3</sup>.

Отложения пирокластических волн были представлены хорошо отсортированным песчаным материалом с небольшим содержанием обломков размером до 10 см. Мощность их не превышала 1.0-2.0 м. Отложения пирокластических волн в виде многочисленных дюн встречались на поверхности отложений пирокластических потоков, а также за их фронтальными частями. Кроме этого, в разрезах толщ пирокластики они наблюдались в основании отложений пирокластических потоков в виде сортированных песчаных прослоев. Везде можно было видеть последствия прохождения пирокластической волны - опаленные огнем, с содранной корой небольшие деревья и кусты. Высота термического воздействия волн на деревья и кустарники достигала местами 3-4 м.

В работе обсуждаются данные химического и гранулометрического составов отложений пирокластических волн извержения 2005 г., проводится сравнение их с таковыми данными образований пирокластических потоков, а также отложений потоков и волн вулкана Безымянный.

## ЛИТОСФЕРА-АСТЕНОСФЕРА В РАЙОНЕ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ

Гонтовая Л.И.<sup>1</sup>, Попруженко С.В.<sup>2</sup>, Назарова З.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*

<sup>2</sup> *ОАО «ЛукинЧолот», г.Петропавловск-Камчатский, <sup>3</sup> Камчатский филиал ГС РАН*

Ключевская группа вулканов (КГВ) расположена в области стыка глобальных и региональных структур, что находит отражение в картине региональной сейсмичности (1), скоростном (2) и гравитационном (3) полях. На основе их анализа приводятся некоторые сведения о структуре и свойствах верхней мантии (ВМ) данного района.

1. Из работ (Федотов и др., 1985 и др.) известно, что глубина и направление простира-ния фокального слоя (ФС), начиная с широты Кроноцкого полуострова (КрП), изменяются: первая – уменьшается, а второе – отклоняется к северо-западу. При анализе плотности распределения энергии слабых землетрясений на этом участке ФС отмечено увеличение мощности слоя и его как бы расщепление на две зоны, со смещением и дальнейшим подъемом к се-веру. Практически та же картина, лишь с некоторыми индивидуальными отличиями, сохраняется под КГВ (Селиверстов, 2009). Следует также отметить, что в районе КрП и севернее от него в ВМ зарегистрированы сильные землетрясения с афтершоковыми последовательностями, что не типично для мантийных глубин и связывается с повышенной упругостью среды (Салтыков, 2004).

2. Данные сейсмотомографии позволили проконтролировать скоростную структуру ВМ в области стыка ОД и непосредственно под КГВ. Астеносферный слой (70-100км), к которому приурочен Восточно-Камчатский вулканический пояс, практически полностью выклинивается на широте КрП и пересекается здесь структурой широтного направления с аномально высокими значениями скорости  $V_p$  сейсмических волн (8.5-8.7 км/с) в пределах ФС, которые имеют продолжение в глубь полуострова. Для объяснения этого феномена могут быть привлечены, к примеру, результаты изучения анизотропии скоростей, которую некоторые авторы связывают с ориентировкой кристаллов оливина, напряженного состояния и т.д. ((Болдырев, 2002; Ребецкий, 2007; Levin et al, и др.)). Можно предложить также механизм разнонаправленных мантийных потоков, формирующих здесь структуру и свойства ВМ. Севернее этой зоны установлена отрицательная линейная аномалия, прослеженная от побережья Камчатского залива, ФС и далее КГВ. Вероятно, эта аномалия связана с глубинным разломом, на пересечении которого с Центрально-Камчатской рифтовой структурой и расположе-на КГВ. В верхней мантии она приурочена к низкоскоростной неоднородности, границы которой в плане определяются контуром эпицентров землетрясений на глубине ~120-140 км; кровля неоднородности приподнята до глубины ~ 80 км, ее мощность 20-30 км. Следует от-метить, что ансамбль разнознаковых скоростных блоков наименее организован в протяжен-ные структурные формы в интервале глубин 60-120 км. Вероятно, именно здесь протекают процессы, которые находят четкое отображение в современной тектонике района КГВ.

3. Для выявления значимых плотностных неоднородностей в ВМ на глубинах 40-160 км были использованы гравиметрические данные (аномалия Буге). Обычно, с этой целью, выполняется анализ трансформированных гравитационных карт (их осреднение, пересчет в верхнее полупространство, полосовая фильтрация), Однако они имеют достаточно сложные характеристики, которые зависят как от глубины плотностного тела, так и от его размеров. Поэтому совместное использование сейсмических и гравитационных данных позволило бо-лее корректно подобрать полосы фильтрации и выделить плотностные неоднородности на разных глубинах ВМ. Полученные результаты свидетельствуют о наличии двух зон разуплот-нения на различных уровнях, причем более обширная зона расположена на больших глуби-нах и соответствует контурам и глубине скоростной неоднородности, установленной по сей-смическим данным.

# АВАЧИНСКАЯ ГРУППА ВУЛКАНОВ: ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ

Гонтовая Л.И.<sup>1</sup>, Ризниченко О.Ю.<sup>2</sup>, Нуждина И.Н.<sup>3</sup>, Федорченко И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Институт физики Земли РАН*, <sup>3</sup> *Камчатский филиал ГС РАН*

Глубинное строение Авачинской группы вулканов (АГВ) изучено геофизическими методами недостаточно и крайне неравномерно. Если в районе Авачинского вулкана (АВ) выполнен комплекс исследований земной коры (ЗК), то Корякский вулкан (КВ) в этом плане остается практически «белым пятном». Вместе с тем, учитывая безусловную взаимосвязь АВ и КВ с одним и тем же мантийным источником, а также их положение в современной структуре данного района, можно предположить возможные аналогии и некоторые общие особенности в строении (ЗК) под этими вулканами.

1. В региональном плане АГВ приурочена к системе северо-западных разломов, ограничивающих с северо-востока Малкинско-Петропавловскую зону поперечных дислокаций. Согласно данным сейсмотомографии, с этой зоной связаны изменения скоростной структуры фокального слоя, особенно четко выраженные на глубине 120-140 км верхней мантии (ВМ) - с разрывом этого слоя и его смещением. Установлен характер взаимосвязи АГВ с мантийным источником питания, расположенным в астеносфере на глубине 70-100 км. Очевидно, эта зона обогащена флюидами и расплавами, которые по разлому в подкоровой литосфере поступают в ЗК.

2. Наиболее контрастным тектоническим элементом в районе АГВ является Авачинский грабен, который прослеживается вдоль юго-западных склонов АГВ, продолжаясь на шельфе Авачинского залива. Структура грабена фиксируется резким ступенеобразным погружением границы мелового фундамента до глубины 4-5 км, относительным понижением уровня гравитационного поля, высокими значениями суммарной продольной проводимости осадочного чехла, что в комплексе свидетельствует об аномальном флюидном режиме данной зоны. В целом, структура грабена на сейсмическом разрезе имеет форму чашеобразного включения, в пределах которого скорость  $V_p$  понижена на 0.5-1.0 км/с; его граница с восточной стороны расположена под центральным конусом АВ. С учетом характера сейсмичности очевидна взаимосвязь грабена с глубинным сквозькоровым разломом. Можно предполагать, что выявленные особенности структуры грабена продолжают и под в. Корякский.

3. В ЗК под АВ в интервале глубин ~ 10-16 км выделяется зона с относительно пониженным скоростным градиентом. Согласно геофизическим данным, эта зона, вероятно, является ослабленным (трещиноватым), обогащенным флюидами слоем ЗК. Устанавливается взаимосвязь картины сейсмичности (глубиной землетрясений, характером графика b-value), зарегистрированной в период активизации КВ, с особенностями геофизических аномалий. Логично предполагать, что выявленная на глубине ~ 10-16 км зона имеет место и под КВ.

4. Периферический магмоочаг под конусом АВ на глубине 1.5-3 км выделен на основании ряда признаков, таких как аномально низкое удельное сопротивление и повышенное поглощение сейсмических Р-волн в его пределах, а также частотная зависимость параметра добротности  $Q(f)$ , рассчитанная по коде волн вулканотектонических землетрясений. Характер  $Q(f)$  для некоторой подгруппы событий не укладывается в рамки традиционных представлений. Единственный известный авторам пример отрицательного наклона графика  $Q(f)$  приведен в работе (Fehler et al., 1988) и связан с анализом коды сейсмических волн непосредственно во время извержения вулкана St. Helens.

Изложенные результаты и особенности строения ЗК могут быть использованы при планировании систем наблюдений для изучения глубинной структуры КВ.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПРОЦЕССАХ ИГНИМБРИТООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КАЛЬДЕРЫ ПОЛОВИНКА (КАРЫМСКИЙ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР)

Гриб Е.Н., Леонов В.Л.

Кальдера Половинка, расположена в южном секторе Карымского вулканического центра и представляет собой наиболее древнюю структуру из серии телескопированно вложенных кальдер этого района (Половинка-Однобокая-Академия Наук) (Леонов, Гриб, 2004). По новым данным возраст ее оценивается в 432 тыс. лет (Леонов и др., 2008). С кальдерой связаны мощные пирокластические потоки, которые скатились, в основном, в западном направлении, достигнув долины реки Жупанова. Мощность их изменяется от 40 до 200 м. Первая фаза представлена кварц-биотитовыми и двупироксеновыми туфами, соответственно, риодацитового и дацитового состава. Пирокластические отложения заключительного этапа формирования кальдеры представлены андезитовыми спекшимися туфами и игнимбритами с черными лентовидными фьямме. Широко развиты на заключительном этапе шлаковые бомбовые туфы и агглютинаты состава низкокремнистых андезитов и андезибазальтов. Развиты они в основном вблизи юго-западного и северо-западного бортов кальдеры.

В результате проведения полевых работ в течение 2002-2007 гг. и детальных исследований вещественного состава были получены новые данные, которые дополняют наши более ранние представления о процессах игнимбриитообразования при формировании кальдеры Половинка (Леонов, Гриб, 2004).

В разрезе пирокластических отложений по левому борту реки Жупанова отмечается несколько пирокластических потоков, которые разделяются между собой маломощными слоями не спекшихся отложений. Было непосредственно установлено, что первый пирокластический поток пемзово-пеплового материала был представлен ультракислыми (76% SiO<sub>2</sub>) риолитовыми водосодержащими кварц-биотитовыми туфами. Такие высококремнистые составы в Восточном вулканическом поясе определены впервые. Последующие пирокластические отложения представлены двупироксеновыми туфами.

В разрезе по левому борту р. Крестьянской, который в структурном плане приурочен к северному флангу обширного пирокластического потока, связанного с кальдерой, встречены роговообманковые риодацитовые пемзовые туфы, которые свидетельствуют о существовании между выделенными ранее типами переходных разностей.

Алевритовые туфы с чешуйками биотита, мощностью 3,5 м, отмеченные в разрезе на реке Крестьянской между роговообманковыми пемзовыми туфами первой фазы игнимбриитообразования кальдеры Половинка и игнимбритами андезитового состава второй фазы, могут представлять собой донные осадки существующего в то время кальдерного озера. Обнаружение их в нижней части западного склона кальдерной структуры, может свидетельствовать о катастрофических переливах воды из озера, возникавших при взрывах в связи с внедрением в вехнекоровый магматический очаг под кальдерой более глубинного расплава андезибазальтового состава (Леонов, Гриб, 2004).

Среди аксессуарных фаз в протолочках из пемзовых туфов риолитового и риодацитового состава были обнаружены стекловатые шарики желтовато-серого цвета размером до 1,5 мм и рудные шарики (магнетит?) диаметром до 1 мм, насаженные на винтообразный стержень. Рудные фазы покрыты окисленной оболочкой медно-красного цвета. Образование сферических форм вулканического стекла и магнетита (?) в мощном пирокластическом потоке (которые обычно сопровождают образование кальдер), свидетельствуют об окислительных условиях флюида, насыщенности его сернистыми (ангидрит?) и углекислыми газами, высокими их температурами и вихревыми потоками в эруптивной туче.

## **О НЕКОТОРЫХ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ О СТРОЕНИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ПИТАЮЩИХ СИСТЕМ ВУЛКАНОВ**

Делемень И.Ф.

В последние годы появляется всё более данных о строении магматических питающих систем вулканов. Рассмотрены некоторые методологические аспекты интерпретации таких данных. При разработке геологических моделей строения питающих магматических систем вулканов следует учитывать то, что геофизические модели предельно формализованы, к тому же степень дискретизации пространства такова, что размеры того единичного объёма пространства, которому могут быть поставлены в соответствие значения измеряемого физического параметра, не совпадают, а нередко значительно превышают размеры области проявления интересующих нас процессов. Кроме того, изучение глубинного строения современных вулканических поясов носит косвенный (опосредованный) характер, т.к. глубины более 10 км недоступны для прямых исследований. В этом отношении эродированные области древних коллизионных и рифтовых структур, характеризующиеся выходами на поверхность магматических пород, высотные уровни формирования которых соответствуют глубинам корневых зон современных вулканических поясов, служат неоценимым источником для выбора моделей магматических питающих систем вулканов, создавая основу для интерпретации наблюдаемых геофизических полей.

Для интерпретации строения зон, расположенных в основании магматических питающих систем современных вулканов, предлагается использовать данные о строении их древних аналогов. Такие области (с глубиной эрозионного среза 10 км и более) известны практически во всех регионах мира (например, Лапландский Гранулитовый пояс Балтийского щита, кратон Лимпопо в южной Африке, зона Ивреа в северной Италии, массив Масгрейв в центральной Австралии, зона Капускасинг Канадского щита, окружение Паннонского бассейна – Карпаты, Альпы, Динариды и др.). Используя данные по регионам с различными уровнями эрозионного среза, можно получить представление о вертикальной зональности строения современных магматических систем. Наилучшее соответствие имеющимся данным о распределении физических свойств среды под вулканическими поясами даёт принятие модели гигантских даек. Протяжённость и мощность таких даек, закартированных в областях древнего магматизма (Канада, Африка и др.) соответствует протяженности и ширине зон активного вулканизма на Камчатке и в других современных вулканических областях.

Рассмотрены структурно-геологические условия перехода от гигантских питающих даек к магматическим питающим колоннам и формирование крупных вулканических центров и кальдер над такими колоннами.

На малоглубинных высотных уровнях магматических питающих систем вулканов в качестве естественных аналоговых моделей питающих магматических тел могут рассматриваться древние магматические комплексы центрального типа. В докладе приводятся результаты анализа литературных данных по строению таких комплексов, а также результаты выполненных автором полевых и камеральных исследований герцинских вулканов Северо-Западного Прибалхашья (Казахстан), где эродированные периферические очаги (представленные магматическими интрузиями, а также скоплениями силлов и даек) разбурены многочисленными скважинами, вскрыты горными выработками и изучены геофизическими методами. Предложен алгоритм учёта палеовулканологических данных при интерпретации результатов геофизических исследований современных магматических питающих систем вулканов.

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРСПЕКТИВ ОБНАРУЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ВУЛКАНИЧЕСКИХ РАЙОНАХ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ

Делемень И.Ф., Аносов Г.И., Андреев В.И., Николаева А.Г.,  
Гарцева Л.Н., Шапарь В.Н., Аникин Л.П.

Приведены некоторые результаты, выполнявшихся авторами по инициативе А.И. Байкова геофизических и геохимических исследований для изучения перспектив обнаружения углеводородных ресурсов на территории, расположенной у юго-восточного подножия Авачинского вулкана (Радыгинская потенциально газоносная площадь). Привлечены также опубликованные литературные данные и результаты газовых съёмов, выполнявшихся авторами на других участках обрамления Авачинско-Корякской группы вулканов и смежных районов Южной Камчатки. Выполнялись определение содержаний радона в почвенном воздухе, а также газо-хроматографический анализ содержания атмосферообразующих ( $\text{He}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ) и углеводородных газов ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ ,  $i\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $n\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) в пробах почвенного воздуха из шпуров глубиной 0,5 – 1 м; газа, растворённого в воде водотоков, и газа, спонтанно выделяющегося из воды.

Выполнен анализ геохимических особенностей накопления и рассеяния отдельных газов в почвах и в водной среде. Отмечена важная роль гидрогеологических и ландшафтно-геохимических условий (в том числе жизнедеятельность почвенных микроорганизмов) в формировании газовых аномалий. На основании использования данных более чем 1000 измерений построены карты трендов изменения содержания газов в почвах и в водотоках.

Анализ полученных результатов подтвердил сделанные ранее выводы Е.А. Вакина и других гидрогеологов о том, что метаносными являются застойные воды глубокого залегания, резервуаром для которых на участке Радыгинской потенциально газоносной площади являются трещиноватые метаморфизованные осадочные и туфогенно-осадочные породы мелового возраста. Эти же породы слагают фундамент Авачинской группы вулканов. По сейсмическим данным, Радыгинская структура представляет собой достаточно сложно построенную горст-антиклиналь, занимающую центральную часть более крупной сводообразной структуры. По результатам газовых съёмов установлено разрушение части залежи вследствие окисления углеводородных газов и дегазации газов по субвертикальным разрывам. В качестве перспективных выявлены участки, где разрушения газовой залежи не происходит.

Установлена зависимость изменения содержаний углеводородных газов с расстоянием от осевой части вулканической постройки. На этом основании сделан вывод о возможной генетической (или парагенетической) связи процессов углеводородной газогенерации с магматической процессами в недрах Авачинско-Корякской группы вулканов. Выявлено также возрастание в северо-западном направлении отношения легких и тяжелых углеводородов (в сторону увеличения содержания бутана, пентана и гексана). Авторами сформулирована гипотеза о возможности обнаружения нефтепроявлений в районах развития ареального вулканизма (верховья р. Авача и Томачёв дол). При полевой проверке этой гипотезы на периферии Толмачева Дола (район г. Загайновка) обнаружены источники с содержанием в воде жидкой фракции углеводородов. Полученные данные позволяют сделать вывод о необходимости пересмотра сложившихся представлений о бесперспективности Южной Камчатки нахождение ресурсов углеводородного сырья.



## О МЕХАНИЗМЕ ФРЕАТИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Дрознин В.А., Муравьев Я.Д.

Процессы, происходящие при контакте лавы с водой описываются на основе данных по извержению вулкана Килауэа (Гавайские острова), при контакте со льдом - по извержениям вулкана Ключевской (Камчатка).

Спокойное движение лавы обеспечивается за счёт низкой теплопроводности как пара, так и материала лав, существенно затрудняющей передачу тепла от лавы к вмещающей среде. Наиболее эффективным примером спокойного движения является процесс образования пиллоу (подушечных) лав.

Взрывные явления на фронте наблюдаются при внешних условиях, обеспечивающих дробление лавы. Извержение раскалённого материала на снег и лёд на Ключевском вулкане приводило к образованию водных потоков только в тех редких случаях, когда по Крестовскому желобу происходило обрушение лавового потока на ледник. При спокойном излиянии потока в леднике происходит лишь повышенный сток талых вод.

Понятна схема магматической эксплозии, когда выброс происходит за счёт расширения газа, ранее при большом давлении растворённого в магме. При гидротермальном взрыве выброс происходит за счёт декомпрессии грунта насыщенного горячей водой или паром. Определение фреатическое указывает на воду, которая в случае превращения в пар (при атмосферном давлении) увеличивается в объёме почти в 2000 раз. Но все известные эксплозии имеют температуру выше критической (374°C), соответственно расширение пара происходит по газовым законам. А так как глубина образующихся воронок взрыва первые сотни метров, то увеличение объёма возможно только в 100-200 раз, т.е. на порядок меньше.

Отличительной характеристикой фреатического извержения (кроме резургентности материала взрыва) мог бы быть параметр характеризующий происхождение воды (ювенильная или метеорная), но для вулканических взрывов данные такого типа нам неизвестны.

Предполагается, что магматические эксплозии обладают свойством непрерывности истечения, в то время как фреатические (гидротермальные) являются спазматическими.

## ОБ ОЦЕНКЕ ОБЪЕМОВ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПРОДУКТОВ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ ЗА 1955 – 2009 ГГ.

Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.

Активный стратовулкан Безымянный ( $56^{\circ}1'$  с.ш.,  $160^{\circ}7'$  в.д.) расположен в центральной части Ключевской группы вулканов. После тысячелетнего перерыва, в октябре 1955 г., вулкан вновь активизировался. В современном цикле активности вулкана выделены следующие основные этапы деятельности:

1. Докульминационный этап извержения продолжался с 22 октября 1955 по 29 марта 1956 г. В октябре 1955 г. произошло разрушение западной части вершины вулкана с образованием кратера до 350 м в диаметре. В ноябре разрушение постройки продолжалось и кратер, на вершине сформировался кратер диаметром до 1000 м, а в январе уже началось выжимание экструзии.
2. Второй этап - пароксизмальное извержения 30 марта 1956 г. После пароксизма кратер имел горизонтальные размеры  $2.8 \times 1.7$  км и глубину с запада на восток от 800 до 300 м.
3. Этап формирования внутрикратерной экструзии, который начался сразу после пароксизма 30 марта и продолжается по настоящее время.

В ходе дальнейшего развития извержения вулкана выделяются периоды, отличающиеся по характеру деятельности. 1956-1965 гг. характеризовались непрерывным выжиманием экструзивных блоков, сопровождаемых редкими эксплозивными извержениями. В следующем десятилетии (1966-1976 гг.) замечено появление вязкой лавы наряду с выжиманием жестких блоков. В течение 1977-1995 гг. извержение постепенно перешло в экструзивно-эксплозивно-эффузивную фазу активности.

Формирование нового экструзивного купола на вулкане Безымянный, с начала возобновления вулканической активности, на современном этапе шло неравномерно. Наилучшим отражением неравномерности в деятельности вулкана является величина расхода изверженных продуктов.

На дневной поверхности твердые продукты извержений в основном представлены в виде постройки лавового конуса, отложений пирокластических потоков, а также отложений пепловых туч. С августа 1956 г., с момента появления лавового купола, периодически велись наблюдения за его ростом: проводилась аэросъемка, наземная фототеодолитная съемка, тригонометрическое нивелирование и видеосъемка. На первом этапе появления экструзии наблюдения выполнялись с помощью теодолитных наблюдений. В дальнейшем для слежения за изменением морфологии лавового купола выполнялись наземная фототеодолитная съемка (НФТС), а также видеосъемка. Наиболее результативный метод слежения за изменением морфологии растущих куполов – аэросъемка. По данным теодолитных наблюдений, НФТС и видеосъемок были построены профили изменений нового экструзивного купола. Точность определения координат профиля близка  $\pm 3-5$  м.

Общая масса изверженных продуктов вулкана Безымянный за период с начала извержения по ноябрь 2007 г. близка  $3.8 \cdot 10^9$  тонн. В докульминационный этап в ходе эксплозивных извержений поступило  $400 \cdot 10^6$  тонн пепла (нижняя оценка). Во время пароксизмального извержения 30 марта отложения пирокластических потоков составили  $1.4 \cdot 10^9$  тонн, а пеплов  $400 \cdot 10^6$  тонн. В ходе экструзивно-эксплозивно-эффузивных извержений 1956-2009 гг. на дневной поверхности сформировался лавовый купол общей массой  $940 \cdot 10^6$  тонн, отложения пирокластических потоков –  $490 \cdot 10^6$  тонн, отложения пеплов  $510 \cdot 10^6$  тонн. Масса лавовых потоков на вершине экструзивного купола была незначительна – около  $10 \cdot 10^6$  тонн. Средний расход изверженных продуктов вулкана Безымянный во время современного эруптивного цикла близок  $31.2 \cdot 10^6$  тонн/год, расход изверженных продуктов за тысячелетия со времени образования вулкана близок  $5.0 \cdot 10^6$  тонн.

# ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ КАМЧАТКИ В УСЛОВИЯХ ВУЛКАНИЗМА, ОТЛИЧАЮЩЕГОСЯ СОСТАВОМ ПРОДУКТОВ, МАСШТАБАМИ И ЧАСТОТОЙ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Захарихина Л.В.

*Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН*

На территории Камчатского полуострова исторически сложились условия почвообразования, различия которых обусловлены деятельностью вулканических центров, находящихся в разных стадиях своего развития. Вблизи действующих вулканов, находящихся на ранней стадии, процессы современного почвообразования часто (с периодичностью 10 - 100 лет) прерываются выпадением пеплов (базальтового или андезитового состава), нарушая развитие в почвах свойств и процессов, адекватных природно-климатическим условиям. Для вулканов зрелой стадии характерны редкие (с периодичностью 500 лет и более) кальдерообразующие извержения, сопровождающиеся выпадением на поверхность значительного количества пепла (риолитового, риолито-дацитового составов) с последующей продолжительной паузой, позволяющей формироваться почвам с выраженными охристыми иллювиальными горизонтами, зрелыми поверхностными органогенными образованиями и развитыми альфе-гумусовыми процессами. Анализ данных о голоценовом вулканизме на Камчатке и изучение обусловленных им специфических условий почвообразования позволили выделить на территории полуострова Южную и Северную провинции почв, формирование которых проходило под влиянием вулканов, находящихся в разных стадиях развития, различающихся составом, объемом и периодичностью пеплопадов. По типичному строению почвенных профилей, составу, возрасту и принадлежности к конкретным извержениям их пепловых горизонтов в пределах Южной провинции выделено три района, в Северной – два. Влияние разной вулканической деятельности на почвообразование прослежено путем сравнения свойств почв районов отдельных провинций, где вулканы (вулканические центры) проходят в голоцене сходные стадии эволюции. По этим признакам достаточно контрастно различаются почвы, образованные вблизи Северной группы вулканов Камчатки (Восточный район Северной провинции), и почвы, сформированные на пирокластических отложениях вулканов Южной Камчатки (Западный, Центральный, Юго-Восточный районы Южной провинции). Почвы Южной провинции, развитые на кислых пеплах вулканов, находящихся в зрелой кальдерообразующей стадии развития, характеризуются более низким содержанием большинства химических элементов, слабой степенью насыщенности основаниями, более кислой реакцией среды, при относительно большем содержании гумуса и хорошо выраженных иллювиальных процессах. Почвы Северной провинции, образованные на пеплах современных извержений вулканов, находящихся в ранней базальтоидной стадии развития, имеют более богатый элементный состав, относительно повышенную степень насыщенности основаниями и более основную реакцию среды. Содержание гумуса в них пониженное, иллювиальные процессы не выражены.

Впервые установлен региональный геохимический фон широкого спектра микроэлементов для вулканических почв, характеризующийся низкими содержаниями большинства химических элементов. В число элементов, встречающихся в надкларковых концентрациях в разных районах, входят – Sc, V, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Ag и P. Низкие содержания в почвах характерны для B, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Ba, Pb. Общую геохимическую специализацию вулканических почв Камчатки определяют P, Cu и Se, что выражается в их устойчивых надкларковых фоновых содержаниях. Высокие фоновые содержания большинства элементов характерны для вулканических почв, образованных на основных и средних пеплах, в сравнении с почвами, развитыми на кислых пирокластических отложениях.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДВЕСТНИКОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ И ИХ СВЯЗЬ С ВУЛКАНИЧЕСКОЙ И МАГМАТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Иванов В.В.

Исследованы предвестники: крупных эксплозивных извержений вулкана Шивелуч в 1993 и 2001 г., одного из самых опасных вулканов Камчатки; гроздиозных событий в Карымском вулканическом центре 1-2 января 1996 г.; вершинных извержений гигантского андезитобазальтового вулкана Ключевской; вулкана Корякский в 2009 г.

Для вулкана Шивелуч по сейсмологическим данным показано, что начало подъема магмы в его магматической колонне (питающей дайке) сопровождается многочисленными вулканическими землетрясениями II типа по классификации П.И.Токарева. Достижение магмой поверхности Земли означает начало относительно спокойного экструзивного этапа и связывается как с уменьшением ежесуточного количества событий, так и со сменой типа событий со II-го на III-й. Сильные взрывные фазы на вулкане за 2-10 часов до их начала сопровождаются появлением роев вулканических землетрясений II-III типов и появлением непрерывного интенсивного вулканического дрожания (ВД). Это связывается нами с началом хрупкого блокового течения магматической колонны вулкана.

Грандиозные события в Карымском вулканическом центре предварялись резким снижением региональной сейсмичности в Кроноцком заливе, за 9 месяцев до начала роем микроземлетрясений и за сутки форшоковым роем сильного корового землетрясения с  $M \sim 7$ , что позволило дать успешный среднесрочный прогноз времени начала извержения влк. Карымский в 1996 г. (автор Сторчеус А.В.).

Пять вершинных извержений вулкана Ключевской в его текущем вулканическом цикле предварялись (с упреждением от одной недели до 9 мес.) увеличением ежесуточных количеств вулканических землетрясений IV-типа и нарастанием амплитуды и продолжительности вулканического дрожания, выраженной в часах в сутки. Мы связываем это с нарастанием интрузивных процессов перед извержением в результате подъема магмы в питающем канале вулкана, взрывного характера дегазации магмы, в частности, из-за взаимодействия магмы с метеорной водой.

Извержения вулкана Корякский были связаны с активизацией на всей Земле и предварялись крупными глубокими мантийными землетрясениями в относящейся к вулкану широтной полосе, а также с микроземлетрясениями в его геотермальной системе. Предложена концептуальная модель строения вулкана и дан прогноз развития последнего его извержения.

На основании выявленных закономерностей, были даны ряд успешных официальных прогнозов: среднесрочный прогноз событий в Карымском вулканическом центре 1-2 января; краткосрочный прогноз извержения вулкана Шивелуч и его сильной взрывной фазы 19 мая в 2001 г.; ряд прогнозов времени начала и развития вершинных извержений вулкана Ключевской; прогноз развития извержения вулкана Корякский в 2009 г.

Полученные закономерности будут способствовать лучшему пониманию вулканической и магматической деятельности и разработке методов прогнозирования опасных вулканических проявлений.

## МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ БРЕШЕЙ

Ившин В.М.<sup>1</sup>, Ившина Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*

<sup>2</sup> *ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Петропавловск-Камчатский*

В докладе рассматривается изгиб фронтальной части островной дуги на вулканическом поясе как на упругом основании до и после сильного землетрясения в сейсмофокальной зоне. Опираясь на представления об изгибе, анализируются временные ряды, полученные в период 1991-2008 гг. на геомеханическом датчике, созданном в Петропавловске-Камчатском и представляющем собой жестко закрепленную в скальном массиве на глубине 50 м вертикальную гильзу длиной 2 м, в которой для преобразования величины угла отклонения гильзы от отвесной линии в электрический сигнал установлен специально разработанный для этого скважинный наклономер.

Доказывается, что изгиб фронтальной части островной дуги после сильного землетрясения является причиной того, что на участках сейсмофокальной зоны, смежных с очагом произошедшего землетрясения начинают развиваться условия для возникновения там через несколько лет новых сильных землетрясений. В течение ближайших месяцев новые сильные землетрясения в сейсмофокальной зоне могут возникнуть только на очень большом (порядка 1000 км) расстоянии от случившегося. Вследствие этого сильные землетрясения, обычно понимаемые как случайные независимые события, в зоне субдукции островных дуг становятся взаимосвязанными событиями, очаги которых не перекрывают друг друга.

Показывается, что в результате надвигов при сильных землетрясениях и указанных выше изгибов островная дуга постепенно смещается в сторону океана, причем там, где надвиг по тем или иным причинам затруднен, смещение происходит с низкой скоростью, а там, где препятствий надвигу нет, - с относительно высокой. Поэтому между двумя точками с низкой скоростью смещения островная дуга приобретает выпуклость, направленную к океану, кривизна которой со временем растет. На основании этого делается вывод, что сейсмический процесс на островных дугах должен иметь циклический характер и что отличительной особенностью данного процесса является образование сейсмических брешей.

## СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ИЗМЕНЕНИЕМ ТЕКТОНИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В ВУЛКАНИЧЕСКОМ ПОЯСЕ

Ившин В.М.<sup>1</sup>, Ившина Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*

<sup>2</sup> *ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Петропавловск-Камчатский*

С помощью мелкоскважинных наклономеров американского производства (модель ТМ-1В), установленных на Камчатке на сейсмостанциях «Кроноки», «Крутоберегово» и «Беринг», были получены двухлетние временные ряды. Анализ рядов данных привел к предположению, что их линейные тренды вызваны не наклонами земной коры, а изменением вертикальных градиентов горизонтального смещения, обусловленных сдвиговыми деформациями, которые возникают около земной поверхности под действием веса вышележащих горных пород.

В предлагаемом докладе обсуждаются выполненные в связи с этим исследования. Получены соотношения из которых следует, что каждая точка поверхностного слоя Земли на глубине нескольких десятков метров под действием веса вышележащих пород горизонтально смещается в направлении возможного деформирования с постоянной скоростью, причем в рыхлых отложениях эта скорость с глубиной уменьшается, а в скальном массиве – увеличивается. Справедливость полученных соотношений подтвердили наблюдения с использованием геомеханических датчиков. Этот тип датчиков представляет собой прочно связанные со средой (на глубине 50 м) вертикальные гильзы, длиной 2 м, в которых закреплены специально разработанные скважинные наклонометры модели НИВ-1 для преобразования механического сигнала в электрический. Геомеханические датчики были созданы в долине р. Тополовая, на береговом утесе Авачинской бухты и в устье р. Налычева.

Из полученных соотношений следует также, что в скальном массиве тектонические силы (горизонтальные и однородные на достаточно больших вертикальных площадках) на линейность вертикальных градиентов горизонтального смещения, обусловленных весом вышележащих пород, влиять не могут. Указанные тектонические силы появляются в вулканическом поясе Камчатки при изгибе на нем, как на упругом основании, фронтальной части Курило-Камчатской островной дуги перед сильным землетрясением под нагрузкой Тихоокеанской плиты. Под действием данных сил возникают одноосные горизонтальные деформации, сопровождающиеся изменением объема. В результате этого, так как модуль объемной деформации с глубиной растет, в скальном массиве происходит в общем случае нелинейное во времени изменение вертикальных градиентов горизонтального смещения.

В докладе показывается, что, измеряя указанные градиенты смещения с помощью геомеханического датчика, можно непрерывно следить за изменением давления в вулканическом поясе. Приводятся подтверждающие это результаты многолетних наблюдений на геомеханическом датчике, созданном в Петропавловске-Камчатском в скальном массиве у основания Петровской сопки.

## КАРБОНАТНЫЕ ОСАДКИ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)

Карданова О.Ф

В районе КДВЦ карбонатные осадки из термальных вод встречены нами на восьми термальных полях (ТП). Два из них в кратере вулкана Старый Кихпиныч - ТП Южное и Восточное (ЮП СК, ВП СК). Четыре ТП находятся в различных частях реки Гейзерной: Травертиновое (в верховье), Колорадо (ниже впадения ручья Прозрачного), Верхне-Гейзерное (участок Термальное болото), Долина Гейзеров (среднее течение ручья Водопадный, у источника Аверий). Два ТП – по р. Шумной: на урезе реки под крутым склоном (в ~ 400 м ниже гейзера Первенец) и в ~100 м вверх по ручью Второму (на высоте ~ 3 м, в нескольких метрах от водопада, в северном борту трещинный источник, имеющий кальцитовый «плащ»).

Ведущие карбонатные минералы, установленные в исследуемых осадках на ТП КДВЦ, кальцит и арагонит. Первый из них встречается на всех перечисленных ТП, второй – на ВП СК. Кроме того, взаимоконтролирующими методами идентифицированы минералы класса карбонатов: хантит, сидерит, гидромагnezит (содержание менее 10%), родохрозит, манганокальцит, скарброит.

По условиям образования выделяются следующие группы карбонатных осадков. *Первая группа* – кальциты, осаждающиеся сразу на устье источника и далее по ходу ручья (ВП СК, источник Карбонатный; небольшой источник на ЮП СК; источник на Верхне-Гейзерном ТП и источник в борту ручья Второго по реке Шумной). *Вторая группа* - карбонаты, образующиеся на некотором удалении от истока ручья в связи с изменением отдельных параметров системы на геохимических барьерах (понижение температуры, удаление  $\text{CO}_2$  из системы, изменение pH, Eh и др.). Для этой группы характерна смена железистых осадков, осаждающихся на устье источника, карбонатными осадками по ходу ручья (ТП Травертиновое и Колорадо; источник Арагонитовый, ВП СК). Для двух последних источников это происходит в зоне смешения с холодными водотоками. *Третья группа* - карбонатные осадки с высоким содержанием Mn (ТП Травертиновое; Верхне – Гейзерное ТП, участок Термальное болото). На этих полях именно тонкие слойки марганцовистых осадков часто разделяют отдельные карбонатные слои. На ТП Травертиновое, мощность которого более 1 м, следует отметить наличие карбонатных слоев, имеющих разную окраску: белую, черную (обогащенную Mn), охристую (с  $\text{Fe}^{3+}$ ) или зеленоватую (с  $\text{Fe}^{2+}$ ). К *четвертой группе* отнесены источники с близким гидрохимическим составом вод и расположенные недалеко друг от друга, но с разными типами осадков (карбонатные и кремнистые). Богатые  $\text{CO}_2$  гидротермальные растворы вызывают образование карбонатных осадков. Известно, что гидротермальный кальцит отлагается при  $\text{pH} \geq 6$ , кремнистые осадки - при  $\text{pH} \geq 8$ . Карбонаты образуются при высоком содержании в воде  $\text{CO}_2$  и Ca, если в воде уменьшается содержание  $\text{CO}_2$ , образуются кремнистые осадки. Вероятно, этим можно объяснить разный состав осадков (карбонатные и кремнистые) из близких по составу вод источников в бортах ручья Второго. Ильин (1973) считает, что аналогичные группы осадков встречаются в местах долговременно существующих выходов термальных вод, например, в районе источника Аверий по ручью Водопадному, где карбонатная плита окружена более молодыми источниками, осаждающими кремнистые осадки.

Состав вод большинства источников, из которых осаждаются карбонатные осадки, имеют  $\text{HCO}_3 - \text{SO}_4$  или  $\text{SO}_4 - \text{HCO}_3$  и высокое содержание Ca, Na и Mg (в порядке убывания). Только в районе ручья Второго карбонатные осадки осаждаются из Cl-Na вод (с  $\text{SO}_4$  и  $\text{HCO}_3$ ).

Частота встречаемости Sr, V, Cu, Zn, Pb, Mo, Nb, Ce, Th в карбонатах составляет 95 – 100% (по данным рентгенофлюоресцентного метода). Содержание большинства элементов находится в интервале 10-100 г/т.

## НОВЫЙ ГЕЙЗЕР В КРОНОЦКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ. ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Карпов Г.А.

Без преувеличения к открытиям крупного масштаба можно отнести внезапное появление великолепного гейзера в кальдере Узон на территории Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника на Камчатке. Гейзер открыл сотрудник Заповедника – инспектор Роберт Чуприн в октябре 2008 г. Он возник на месте округлого бессточного источника. Первые выбросы были очень кратковременными, существенно паровыми, и содержали много частиц породы – грязи. Характерно, что в тот период работы гейзера его воронкообразный грифон после извержения полностью осушался, т.е. обнажалось устье канала гейзера. Инспектор сразу же сообщил об этом явлении дирекции Заповедника и в Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

17-18 июля и 28 июля 2009 г. удалось поработать на Узоне и хронометрировать работу гейзера, которому мы дали название «Шаман». В докладе даются сведения о местоположении гейзера, морфологии его грифона и канала.

На основе режимных наблюдений с использованием специальных температурных датчиков детально рассмотрены температурная характеристика и режим деятельности гейзера. Как показали результаты измерений, максимальная температура в канале гейзера «Шаман» перед выбросом паро-водяной смеси достигает  $100,4^{\circ}\text{C}$ , что гораздо выше температуры кипения воды на высоте проявления гейзера (650 м над уровнем моря) и свидетельствует о достижении резкого перегрева и вскипания термального раствора в локальном объеме. По нашим данным температурный режим работы гейзера «Шаман» не зависит от вариаций поверхностной температуры воздуха и связан с активностью гидротермальной системы, питающейся теплом и веществом от глубинного тепломассопотока. Для гейзера характерна довольно четкая периодизация деятельности, с некоторыми вариациями значений минимальной температуры. Последнее свидетельствует, по-видимому, о не полном завершении формирования геометрии канала, что приводит и к некоторому нарушению стационарности процесса извержения.

Приводятся данные о составе минеральных отложений в окрестностях гейзера, в частности, о начавшемся формировании гейзеритового панциря и выцветах ярозита и пиккеренгита.

Охарактеризован химический состав воды гейзера (в сравнении с составом воды гейзеров Долины Гейзеров) и состав свободных газов, выделяющихся в межпароксимальную стадию деятельности гейзера. Минерализация ее в 1,5 раза выше общей минерализации гейзеров Долины Гейзеров и отвечает составу высокотемпературных гидротерм кальдеры Узон, несущих повышенное содержание рудных элементов, таких как As, Sb, Hg, Cu, Zn, Mn, Li, Rb, Cs. О большой глубинности зоны питания гейзера свидетельствует высокое содержание бора и кремнезема, также значительно превосходящее содержание этих компонентов в той же Долине Гейзеров. В составе свободных газов гейзера преобладает углекислота, но отмечено присутствие сернистого газа, хлористого водорода и сероводорода, и большого набора углеводородных газов.

В заключении рассматривается структурно-тектоническая позиция гейзера. Имеющиеся данные о четком тектоническом контроле и фумарольном составе свободных газов позволяют принять предположение о том, что возникновение гейзера в кальдере Узон обусловлено вулcano-тектонической активизацией района.



## **АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ТЕПЛОЕМКОСТИ НА ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОДАХ**

Кирюхин А.В., Поляков А.Ю., Мушинский А.В.

Выполнены определения коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости на коллекции петротипов-коллекторов вулканогенного триасового комплекса (38 цилиндрических образцов). Для определения использован метод инверсионного iTOUGH2-eos3 моделирования лабораторных экспериментов зондового прослеживания прохождения температурного фронта в образце под воздействием теплового источника постоянной мощности. Лабораторные эксперименты проводились на сухих образцах.

В результате определения коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости горных пород, слагающих триасовый вулканогенный резервуар установлено, что среднее значение теплопроводности сухих горных пород составляет 1.44 Вт/м °С, среднее значение удельной теплоемкости 850 кДж/кг °С (38 образцов). При этом туфы характеризуются средними значениями теплопроводности 1.38 Вт/м °С и удельной теплоемкости 853 кДж/кг °С (7 образцов), эффузивные породы - 1.41 Вт/м °С и удельной теплоемкостью 854 кДж/кг °С (15 образцов), кластолавы и лавобрекчии - 1.50 Вт/м °С и удельной теплоемкостью 844 кДж/кг °С (16 образцов).

Увеличение пористости сопровождается снижением коэффициента теплопроводности сухих горных пород. Полученные для вулканогенного резервуара (возраст 250 млн. лет) значения коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости в целом согласуются с закономерностями распределения тепловых свойств неогеновой туфовой толщи Якка Маунт-эйн (Невада, США) (возраст 11 млн. лет).

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВЯЗИ С ОБОСНОВАНИЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ, ОЦЕНКОЙ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ПРОГНОЗОМ АКТИВНОСТИ КОРЯКСКО-АВАЧИНСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ

Кирюхин А.В., Черных Е.В., Рычкова Т.В.

Для повышения обоснованности представлений о геометрической форме, пространственном распределении и свойствах систем флюидных резервуаров (пресных подземных вод, гидротермальных, магматических) в пределах Корякско-Авачинского вулканогенного бассейна используется ГИС-анализ. ГИС-модель Корякско-Авачинского вулканогенного бассейна, включает цифровую модель рельефа, геологические и гидрогеологические карты масштаба 1:200000, данные по термоминеральным и холодным источникам подземных вод, данные по гидрогеологическим скважинам и данные из каталога сейсмических данных по сети из 5-ти сейсмических станций КФ ГС РАН в районе Корякско-Авачинской группы вулканов (2000-2008 гг), дополненных данными 2009 г.

Уточнена геометрия резервуара «К», приуроченного к постройке Корякского вулкана. Резервуар фиксируется объемным распространением сейсмической активности, разгрузкой термальных источников и фумарол в привершинной части Корякского вулкана. Доступная для бурения эксплуатационных скважин площадь в плане  $>3$  км<sup>2</sup>. Парогазовое извержение Корякского вулкана, начавшееся с декабря 2008 г, происходит за счет геотермальных ресурсов, накопленных в геотермальном резервуаре «К».

Для численного термогидродинамического моделирования применялась программа PetraSim, решаются тестовые термогидродинамические задачи, применительно к предполагаемым условиям эксплуатации геотермального резервуара «К»: задача RFP, задача RFP 3D и задача 3D contour.

Анализ тестовой задачи RFP в диапазоне пористости 0.01-0.40 и начальной температуры 180-300 °С показывает возможность эксплуатации в течение 30 лет с расходом теплоносителя от 15 до 55 кг/с км<sup>2</sup>, при этом продукция пара может составить от 1.4 до 25.0 млн. тонн, продукция воды от 12.7 до 32.8 млн. тонн, товарная продукция от 4.4 до 18.0 млрд. руб, коэффициент извлечения энергии от 3.1 до 19.3%.

Анализ тестовой задачи RFP 3D в том же диапазоне показывает возможность эксплуатации в течение 30 лет с расходом теплоносителя от 42 до 56 кг/с км<sup>2</sup>, при этом продукция пара может составить от 1.9 до 16.7 млн. тонн, продукция воды от 25.8 до 42 млн. тонн, товарная продукция от 12.1 до 17.5 млрд. руб, коэффициент извлечения энергии от 6.5 до 17.8%.

Анализ тестовой задачи RFP 3D Contour в том же диапазоне показывает возможность эксплуатации в течение 30 лет с расходом теплоносителя от 184 до 218 кг/с км<sup>2</sup>, при этом продукция пара может составить от 8.7 до 35.0 млн. тонн, продукция воды от 165.3 до 174.7 млн. тонн, товарная продукция от 53.5 до 65.9 млрд. руб, коэффициент извлечения энергии от 7.2 до 10.5%.

Для выполнения исследований используется лицензионное программное обеспечение ИВиС ДВО РАН и А.В. Кирюхина (для моделирования термо-гидродинамических процессов в геотермальных резервуарах - пакет программ (TOUGH2, iTOUGHN), разработанные в Лоуренсовской Беркелевской Национальной Лаборатории Министерства энергетики США, пре- и постпроцессор для вышеупомянутых программных пакетов - PetraSim, Lahey Fortran90 4.5, для ГИС-анализа: Surfer-8, Grapher-3, Didger-3, MapViewer-6, Voxler, Strater, ArcGIS-9.1.

## «ГАВАЙСКИЙ ПЛЮМ» НА КАМЧАТКЕ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Колосков А.В.

В последние годы появилось несколько интересных публикаций (Савельев, 2003, 2004; Портнягин и др., 2005; Portnyagin et al., 2008), касающихся одного из примечательных эпизодов в геологической истории Камчатки – становления её восточной окраины в меловое-раннепалеогеновое время. В этих статьях внимание авторов было сконцентрировано на описании щелочных базальтов внутриплитного геохимического типа, занимающих необычное положение в составе офиолитовых комплексов фронтальной зоны Камчатской островодужной системы. Авторы доказывают возможность проявления такого аномального вулканизма как след Гавайской «горячей точки». Щелочные базальты с необычными геохимическими характеристиками были обнаружены (Федорчук, 1991) среди вулканогенно-осадочных образований альб-сеноманского возраста на п-ве Камчатский Мыс. Дальнейшее их изучение показало, что породы повышенной щелочности тесно ассоциируют с толеитовыми базальтами, также отличающимися от N-MORB, и их следует рассматривать совместно в составе смагинской свиты. Детальный анализ вещественных характеристик пород этой ассоциации показал, что их можно сопоставить с породами Гавайско-Императорской вулканической цепи и реконструировать геодинамику рассматриваемого региона как отражение следа мантийного плюма на субдуцирующей плите (Савельев, 2003, 2004). Существуют, однако, и другие точки зрения. М.Ю. Хотин и М.Н. Шапиро (2006) оспаривают отнесение смагинских вулканитов к производным гавайского плюма на том основании, что след его проявлен на Тихоокеанской плите, а не на плите Кула, как это следует из построений Д.П. Савельева. Некоторые плейт-тектонические реконструкции (Steinberger, Gaina, 2007), свидетельствуют, что след Гавайской «горячей точки» следует искать в Беринговоморском регионе.

Автором представленных тезисов был собран и обработан большой материал по составу меловых-палеоценовых вулканитов Камчатки. Анализ диаграмм, с помощью которых моделируется изотопно-геохимический состав плюмового источника:  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  -  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  (West, Leeman, 1987), Nb – K (Колосков, Федоров, 2009), с нанесенными на них параметрами изученных образований, показал, что, действительно, только среди смагинских вулканитов на Восточной Камчатке и базальтов р-на р. Левая Лесная на Западной Камчатке можно предполагать участие плюмового мантийного компонента. Подобный источник был обнаружен также в составе вулканитов Восточно-Марианского и Япономорского задуговых бассейнов. Вряд ли можно проводить прямые сопоставления между этими разрозненными в пространстве сравнительно небольшими участками проявления «плюмового» вулканизма в пределах континентальной окраины и крупнообъемными симаунтами типа Мэйджи на поднятии Обручева или других фрагментов Гавайско-Императорской цепи, каждый из которых по объёму вулканических продуктов превышает всю Ключевскую группу вулканов. Выделенные участки проявления «внутриплитного» вулканизма могут быть связаны с локальными плюмами или диапирами (типа «hot finger»), которые, судя по данным сейсмоотографии, могут иметь прямое отношение к меловому «Тихоокеанскому суперплюму» (Филатова, 2002, Федоров, 2006). Дискуссионным является также вопрос относительно самой Гавайской «горячей точки». Является ли она отражением стационарного мантийного плюма, как считает большинство исследователей, или это след движения самого плюма, наподобие тех «треков», которые рассматриваются в работе (Stothers, 1993)? По крайней мере, как это следует по результатам 197-го рейса «ДЖОИДЕС Резолюшн», эта точка в период с 81 по 43 млн. лет назад двигалась в южном направлении со скоростью 30-50 мм/год.

Таким образом, нет сомнения в том, что плюмы на Камчатке, действительно, существуют, но какое отношение они имеют к Гавайской «горячей точке» пока не ясно.

## ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КЕКУКНАЙСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО МАССИВА КАК ОТРАЖЕНИЕ МАГМАТИЗМА ТЫЛОВОЙ ЗОНЫ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ОСТРОВОДУЖНОЙ СИСТЕМЫ.

Колосков А.В.<sup>1</sup>, Флеров Г.Б.<sup>1</sup>, Перепелов А.Б.<sup>2</sup>, Мелекесцев И.В.<sup>1</sup>, Пузанков М.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,*

<sup>2</sup> *Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН*

Проблема диагностики вулканических серий особенно остро возникает на рубеже пространственного или временного перехода, когда наиболее проявлена конвергентность признаков. Хорошим примером в этом плане является рассматриваемый район тыловой части Срединного хребта Камчатки.

Кекукнайский вулканический массив является составной частью сложно построенного ареала общей площадью около 1400 км<sup>2</sup> и объемом пород порядка 400-500 км<sup>3</sup>. Ареал этот вытянут вдоль западных склонов Срединного хребта Камчатки на расстоянии около 400 км от границ глубоководного желоба. Рассматриваемый массив – очень сложная по морфологии и многоэтапная по истории развития вулканическая постройка. Самая древняя её часть – крупный щитообразный вулкан, сформировавшийся, предположительно, в конце плиоцена – начале плейстоцена. Его фундаментом служат вулканогенно-осадочные породы неогенового возраста. Существенно эксплозивный характер вулканизма раннего этапа представлен оливин-клинопироксен-плагиоклазовыми трахибазальтами, андезибазальтами и трахиандезитами. На диаграмме SiO<sub>2</sub>-сумма щелочей образуют линейно выдержанный тренд (масс. %): SiO<sub>2</sub> от 47,7 до 57,05 и содержанием Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O от 3,91 до 6,56. После временного перерыва и ослабления вулканической деятельности, извержения приобретают преимущественно эффузивный характер. Образуются шлаковые конусы с небольшими потоками и лавовые купола. Продукты вулканизма представлены амфибол-клинопироксен-плагиоклазовыми с ортопироксеном или оливином умереннокалиевыми андезибазальтами. Содержание (масс. %): SiO<sub>2</sub> – 53.5- 55.4, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O – 5.0- 5.5. Следующий этап ознаменовался образованием кальдеры размером 6 на 8 км. Он сопровождался появлением экструзий трахиандезитов и трахидацитов. В составе минеральной ассоциации вкрапленников существенно превалирует плагиоклаз и амфибол, не всегда присутствует оливин и клинопироксен, встречается биотит. В целом для этого периода характерно наличие пород с обычными «островодужными» признаками (невысокие содержания Ti и других высокозарядных элементов, но повышенные – Ba и Sr). В позднем плейстоцене-голоцене для посткальдерного этапа формирования Кекукнайской вулкано-тектонической структуры характерно проявление двух вулканических ассоциаций. Одна ассоциация представлена умереннокалиевыми оливин-клинопироксеновыми трахибазальтами с редким плагиоклазом (SiO<sub>2</sub> – 46.3-49.8, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O – 3.4-5.2) и оливин-двупироксен-плагиоклазовыми, двупироксен-плагиоклазовыми андезибазальтами, менее трахиандезибазальты (SiO<sub>2</sub> – 53.4-55.4, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O – 5.0-5.6). Она слагает конусы с лавовыми потоками и эродированными некками, дайки в пределах и за пределами щитообразной постройки. Вторая ассоциация, представленная высококалиевыми оливин-клинопироксеновыми и клинопироксен-оливиновыми трахибазальтами и трахиандезибазальтами, характеризует интенсивный вулканизм ареального типа, сформировавший лавовый щит преимущественно по периферии Кекукнайского массива, хотя самые молодые центры ареального вулканизма оказались приуроченными ко дну кальдеры, а связанные с ними потоки заполнили троговую долину, которая прорезала северную часть уступа кальдеры. В целом для посткальдерного этапа вулканизма характерно сочетание умереннокалиевых и высококалиевых трахибазальтов и андезибазальтов с «островодужными» и «внутриплитными» признаками. Изменение характера вулканизма и состава его продуктов свидетельствует о переходе региона от стадии островодужного развития к этапу начального рифтогенеза.

## ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНЕ Е1 В СВЯЗИ С АКТИВИЗАЦИЕЙ ВУЛКАНА КОРЯКСКИЙ В 2008-2009 ГГ.

Копылова Г.Н., Сизова Е.Г., Болдина С.В.

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

Скважина Е1 представляет относительно редкий пример скважин, гидродинамический режим которых формируется под преимущественным влиянием эндогенных геодинамических факторов. Скважина расположена в юго-западной части Корякско-Авачинской вулканотектонической депрессии (координаты 53.264 °с.ш., 158.478 °в.д.) на расстоянии 17 км от влк. Корякский и вскрывает в диапазоне глубин 625-647 м слабообводненные отложения неогенового возраста, представленные туфами андезибазальтового состава. Водопроницаемость водовмещающих пород по данным экспресс-налива составляет 0.005 м<sup>2</sup>/сут. Скважина Е1 контролирует минеральные (М=2.5 г/л) газонасыщенные (N<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>) подземные воды зоны затрудненного водообмена.

По данным наблюдений КФ ГС РАН в 1987-2009 гг. в изменениях уровня воды регулярно проявлялся гидрогеодинамический предвестник перед землетрясениями с  $M \geq 5.0$  в форме понижения уровня с повышенной скоростью в течение суток – недель (Копылова, 2001, 2008), а также постсейсмические повышения. Кроме этого, были выделены долговременные тренды в изменениях уровня продолжительностью от трех до 6.5 лет, в т. ч. повышение уровня в 1987-1990 гг. (сейсмически спокойный период, подготовка извержения влк. Авачинский в январе 1991 г. (?)); понижение с 1991 по май 1997 гг. (региональная активизация сейсмичности, включающая пять землетрясений с  $M=6.9-7.5$ ); повышение уровня с мая 1997 по 1999 гг., вызванное, в основном, постсейсмической реакцией уровня воды на сильнейшее Кроноцкое землетрясение 05.12.1997 г.,  $M=7.8$ ; слабое понижение уровня с 2002 по середину 2006 гг. (сейсмически спокойный период). **С середины 2006 по декабрь 2010 гг. в скв. Е1 развивался тренд повышения уровня с аномально высокой скоростью.** Амплитуда повышения уровня с 20 мая 2006 г. по декабрь 2009 г. составила 1 м 22 см.

Такое повышение уровня рассматривается нами как реакция контролируемого резервуара подземных вод на развитие деформации его сжатия. С использованием оцененных величин упругих параметров резервуара (дренированной сжимаемости водовмещающих пород, модуля сдвига, коэффициента Скемптона и др.) выполнены оценки величины объемного сжатия в районе скв. Е1 для статически изолированных условий по величине суммарной амплитуды повышения уровня воды ( $\Delta \epsilon = 4.1 \cdot 10^{-6} - 1.5 \cdot 10^{-5}$ ).

На основе детального изучения суточной скорости восходящего тренда с мая 2005 г. по декабрь 2009 г. в сопоставлении с моментами сильных камчатских землетрясений и событиями сейсмической активизации в районе влк. Корякский в 2008-2009 гг. обнаружено, что развитие восходящего тренда началось примерно 20 мая 2006 г. и закончилось в феврале 2010 г. При этом максимальные величины скорости повышения уровня наблюдались в июне - ноябре 2007 г. накануне сейсмической активизации в районе влк. Корякский, которая началась в марте 2008 г. (рой землетрясений с величинами энергетических классов  $K_s$  до 7 - 8). В течение сейсмической активизации (март 2008 – декабрь 2009 гг.) продолжалось повышение уровня воды. При этом с 2008 г. гидрогеодинамический предвестник сильных региональных землетрясений не проявлялся, что указывает на понижение чувствительности уровня воды к процессам их подготовки в период активизации влк. Корякский.

## **СОСТОЯНИЕ ВУЛКАНА ЭБЕКО В 2009 Г. (ОСТРОВ ПАРАМУШИР, КУРИЛЬСКИЕ О-ВА)**

Котенко Т.А., Котенко Л.В., Сандиминова Е.И., Шапарь В.Н., Тимофеева И.Ф.

С 29 января по 18 июня 2009 г. после 18 лет покоя произошло очередное извержение вулкана Эбеко (о-в Парамушир, Курильские о-ва), эксплозивные фреатические и условно фреатомагматические извержения которого зафиксированы в 1793 г., 1833-1834 гг., 1859 г., 1934-35 гг., 1963 г., 1965 г., 1967-1971 г., 1987-1991 гг.

Извержение происходило из Активной воронки Северного кратера и заключалось в постоянном истечении газо-пепловой смеси на высоту 300-1000 м над кратером и периодическом усилении активности, выражающемся в резком нарастании содержания пепла в струе и увеличении ее дебита. Частота пепловых выбросов была 3 – 15 событий в сутки. Формировались пепловые колонны высотой 0.5 – 3.7 км или шлейфы длиной от 4 до 12 км, максимум до 30 км. Извержение было фреатическим, вся тефра за пределами кратера представлена тонкими резургентными пеплами. По химическому и минеральному составу они относятся к андезитам, наиболее кислая разность – к дациандезитам. Количество выброшенного материала ~ 19 тыс. т. В пределах Северного кратера (до 300 м от жерла) происходил выброс отдельных обломков весом до 200 г. Скорость истечения пепло-газовых струй составляла от 10 м/с до 46 м/с. Фоновый тепловой поток Активной воронки в среднем составил 83 МВт, увеличиваясь во время пепло-газовых выбросов до 330 МВт. Температура газов эруптивного жерла составляла ~400 – 500° С.

Извержению предшествовали: изменения химического состава газов, рост их температуры и увеличение расхода, а также гидротермальные взрывы, образование нового высоко-температурного фумарольного поля, неустойчивое существование термального озера в Активной воронке.

Преобладающее направление выноса газов и эруптивного материала – восток и северо-восток от вулкана. После окончания извержения значительные отложения пепла сконцентрированы: на дне Активной воронки, заполнив ее на глубину до 7 м, на кромке кратера и в верхней части конуса толщиной 10 – 12 см, в снегосборах, в руслах рек. Тонкие неравномерные отложения толщиной в среднем 1 – 2 см сохранились во всех направлениях от кратера на расстоянии не более 3 км. Вынос вулканических газов активным кратером во время извержения в среднем составлял 4600 т/сутки, из них (т/сутки): H<sub>2</sub>O – 3900, CO<sub>2</sub> – 2340, SO<sub>2</sub> - 790, HCl - 248, H<sub>2</sub>S – 153. Пепловая нагрузка за весь период извержения в окрестностях города составила 0.6 кг/м<sup>2</sup> и не представляла опасности для строений. Малое количество пепла даже при значительном снегонакоплении исключило угрозу схода лахара. Попадание пепла в питьевую воду через открытый водозабор выразилось в небольшом превышении ПДК по содержанию Al.

Извержение может быть отнесено к слабым вулканического типа (VEI 2). В настоящий время вулкан Эбеко продолжает находиться в стадии высокой фумарольной активности. Тепловой поток активного кратера составляет 250-300 МВт, в составе фумарольных газов сохраняется значительное содержание кислых компонентов (поле Июльское).

## ГЕОФИЗИКО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА ТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНА ЭБЕКО

Котенко Т.А.<sup>1</sup>, Панин Г.Л.<sup>2</sup>, Котенко Л.В.<sup>1</sup>, Карин Ю.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup>*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск)*

Многолетний геохимический мониторинг состояния действующего вулкана Эбеко показывает, что изменение химизма вод и парогазовых струй при подготовке фреатических извержений проходит по-разному на разных термальных полях: от абсолютной нейтральности к процессу до значительных колебаний химического состава и температурного режима. Эти отличия связывают как с обводненностью постройки, которая обусловлена геометрией вмещающего участка и близостью горизонта грунтовых вод, так и с близостью к центру извержения. Также особенности состава гидротермальных проявлений зависят в немалой степени от структурных особенностей транспорта флюида: трещиноватые породы и тем более наличие открытых каналов обуславливают беспрепятственный подъем флюидов к поверхности, уменьшая контакт с вмещающими породами. В 2005 г. на склоне вулкана Эбеко возникло новое высокотемпературное фумарольное поле. Химический состав его гидротерм значительно отличался от гидротерм Северо-Восточного поля (традиционная площадка мониторинга), особенно велико было относительное содержание в составе фумарольных газов кислых компонентов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ). Данные гидротермы относятся к выходам подземных вод, локализованных в тектонических нарушениях, и связаны с зонами гидротермально измененных пород. В 2005 – 2009 гг. проводились сравнительные геохимические исследования на этих объектах, в 2009 г. – геофизическое зондирование с целью выявления структуры подводящих каналов термальных котлов и фумарол. Были применены методы неразрушающего контроля, основанные на контактном и бесконтактном методах зондирования среды: индукционное частотное зондирование (ИЧЗ) аппаратурой ЭМС и электротомография. Комплекс аппаратуры ЭМС и комплекс многоэлектродной электроразведки на постоянном токе «Скала-48» разработаны в Институте Нефтегазовой Геологии и Геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН. Идентификация каналов гидротерм во вмещающих породах сводится к обнаружению зон с низким удельным электрическим сопротивлением (УЭС), характерным для высокоминерализованных термальных растворов.

В результате получены детальные карты, а также изоповерхности УЭС до глубины 30 м и информация о пространственном расположении гидротермальных резервуаров, зон парогазовой смеси, подводящих каналов фумарол и кипящих котлов. Полученные данные подтверждают наличие близко расположенного гидротермального резервуара для Северо-Восточного фумарольного поля. Данные по Июльскому полю не обнаруживают подобного буфера на пути потока гидротерм, что, в числе других причин, ведет к отличиям компонентного состава термальных вод и фумарольных газов двух полей. Получены данные по электрическим параметрам вмещающих пород. Эти данные предварительные и требуют детальной проработки по вопросам соотношения УЭС со степенью гидротермальных изменений вмещающих пород, температурой, насыщенностью поровых растворов флюидом и т.д.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиумов ДВО и СО РАН, проект 09-П-СО-08-004 (96).

# ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПОД РАЙОНОМ УЗОН-ГЕЙЗЕРНОЙ ВУЛКАННО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ДЕПРЕССИИ МЕТОДОМ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Кугаенко Ю.А. <sup>1</sup>, Горбатиков А.В. <sup>2</sup>, Салтыков В.А. <sup>1</sup>, Степанова М.Ю. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН

<sup>2</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Узон-Гейзерная вулкано-тектоническая депрессия относится к Восточно-Камчатскому вулканическому поясу и включает в себя два всемирно-известных уникальных природных объекта: Долину Гейзеров и кальдеру Узон (территория Кроноцкого государственного биосферного природного заповедника). В связи с особым статусом территории, ее удаленностью и труднодоступностью геофизические исследования здесь ранее не проводились.

Для реконструкции глубинной структуры среды проведено микросейсмическое профилирование и применен метод низкочастотного микросейсмического зондирования. Построены вертикальные разрезы земной коры, отражающие распределение контрастов скоростей поперечных волн в диапазоне глубин 0-30 км в районе Узон-Гейзерной депрессии и прилегающего к ней вулканического массива Кихпинич. Выполнена их комплексная интерпретация совместно с полученными ранее результатами геологических, геолого-морфологических, петрологических исследований, что позволило идентифицировать закристаллизовавшийся кислый очаг под кальдерной системой, питавшие его магматические корни, современные пути распространения в коре базальтовых расплавов. Проведено сопоставление геометрии интрузива с моделью возможного внедрения базальтов в верхние горизонты коры по данным спутниковой интерферометрии.

Подтверждена эффективность использования метода микросейсмического зондирования для исследования сложных глубинных структур в районах активного вулканизма и гидротермальной активности.



## АКТИВНОСТЬ ГЕЙЗЕРОВ В ЗАПИСЯХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А.

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

В ходе полевых работ в сентябре 2009 г. в камчатской Долине Гейзеров проведена рекогносцировочная регистрация сейсмических сигналов на гейзерном поле. Наблюдения проводились сейсмометрами Guralp SMG-6TD, которые относятся к категории портативных широкополосных приборов со встроенной памятью и одновременно сочетают в себе функции сейсмического датчика и цифрового регистратора (частотный диапазон 0.03-100 Гц). Сейсмометры устанавливались непосредственно на дневную поверхность, без заглабления, поблизости от грифона.

Сейсмическим методом исследованы крупные гейзеры Долины: Большой, Великан, Жемчужный, а также короткопериодный гейзер Щель и пульсирующий кипящий источник Коварный. Первые результаты обработки сигналов демонстрируют высокую информативность этого метода исследования гейзеров, учитывая новые возможности, связанные с широкополосной записью. Использовались как сейсмические каналы, так и служебные сертифицированные каналы «mass position», диагностирующие состояние прибора и работающие в режиме низкочастотного акселерометра.

Зарегистрированы медленные деформационные процессы, сопровождающие извержения гейзеров. Показано, что характер извержений гейзера Большого не стабилен. Некоторые извержения гораздо слабее других, хотя внешние условия постоянны. Особенно это заметно при анализе различных частотных диапазонов сейсмических записей. Это говорит о возможных вариациях в тепловом питании гейзера. По сейсмическим данным в районе площадки гейзера Великан выявлены скрытые периодические возмущения. Их периодичность близка к малому циклу (периоду промежуточных вскипаний) Великана. На этом основании предполагается, что выявлен мощный высокотемпературный подземный источник, работающий в гейзерном режиме и, возможно, являющийся определяющим фактором теплового питания и деятельности гейзера Великан. Предлагается назвать его Сердце Великана. Для уточнения его местонахождения необходимо организовать специализированные площадные наблюдения.

## **РАСТВОРЕННЫЕ ГАЗЫ ВОД КАЛЬДЕРЫ АКАДЕМИИ НАУК И ГЛУБИННЫЕ ВЫХОДЫ СВОБОДНОГО ГАЗА В ЮГО-ВОСТОЧНОМ СЕКТОРЕ ОЗЕРА КАРЫМСКОГО**

Кузьмин Д.Ю.

На протяжении почти 10 лет ведется мониторинг состояния Карымского озера. Обычно пробоотбор проводится весной, в конце апреля - начале мая, и летом – в августе. В том числе, производится отбор проб воды по горизонтам для общего гидрохимического и биологического анализа. Параллельно с отбором проб производится анализ растворенного кислорода, температуры и рН. Основные станции отбора – центр кратера Токарева и середина озера Карымского. Основные горизонты 0, 2, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50 м и придонный. Отмечено, что зимой содержание в приповерхностной зоне растворенного кислорода несколько выше, чем в летний период. Также, установлено, что максимумы концентраций кислорода в зимнее время находятся на больших глубинах. В тоже время, разброс данных в кратере Токарева значительно шире, чем по акватории озера, что может объясняться наличием дополнительных факторов перемешивания и подводных течений.

Несколько раз параллельно с водой отбирались растворенные газы по некоторым глубинам. Состав растворенных газов варьируется по глубине незначительно и очень близок к воздушным значениям. Преобладающими газами являются азот, кислород и двуокись углерода.

Так же отбирались пробы растворенных газов в горячих источниках. Температура воды в восточной ванне источников Академии наук составляет 68-70°C; в точке №1 ручья Горячего – 65°C. Состав растворенных газов в источниках Академии наук близок к озерным, что подтверждает метеорное происхождение вод этих источников. Газы ручья Горячего обеднены кислородом относительно других точек отбора, но имеют наибольшее содержание метана.

В бассейне Карымского озера, вдоль берега, наблюдаются многочисленные термопроявления с сопутствующими выходами свободных газов. Большой частью они находятся в прибрежной зоне на небольшом удалении от берега. Но обнаружены выходы на значительном удалении от береговой линии (около 500-600 метров от бухты Желанной). Выходы газа находятся на глубине порядка 60 м и просматриваются на поверхности на протяжении 150 м в субмеридиональном простирании. С этим связаны определенные трудности при их отборе. Весной 2004 и летом 2009 удалось отобрать газ на поверхности озера. В пробах 2009 года обнаружено аномально высокое содержание водорода (почти 12 %). Обычно это указывает на активность тектонического нарушения. Скорее всего, это связано с активизацией Карымского вулкана, так как, накануне, за 2 дня до отбора, произошел взрыв, в результате которого на южной кромке кратера образовалась воронка.

Исходя из полученных данных, можно утверждать, что воды источников Академии наук, как и озера Карымского метеорного происхождения. Также можно сделать вывод об активности тектонического разлома в юго-восточной части озера и его связи с деятельностью Карымского вулкана.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.**

Лемзиков В.К.

Спектры скорости движения почвы вулcano-тектонических землетрясений вулкана Ключевской интерпретируются итерационным методом с использованием двухступенчатой инверсии. В первой инверсии для реальных спектров S-волн отдельных землетрясений подбирается значение угловой частоты при условии, что значения остальных параметров, определяющих этот спектр: коэффициента расхождения волн, показатель добротности  $Q$  среды и стационарной поправки – известны. В следующей инверсии, уже при известных значениях угловой частоты для отдельных вулcano-тектонических землетрясений, но с использованием нескольких таких землетрясений последовательно, определяются параметры среды: показатель расхождения сейсмических волн, величину среднего поглощения их по всему пути пробега от очага до станции и величину стационарной поправки. Очаговые спектры землетрясений интерпретируются в терминах модели Брюна. Соответствие спектра реального очага подобранному модельному определяется по модулям разницы уровней спектров на каждой частоте. Для наилучшего нахождения параметров использовались данные не менее 5-ти сейсмических станций. В результате спектрального анализа участков S-волн и определений модулей разницы с модельным спектром составлялась система линейных уравнений. Решение системы находилось методом сингулярного разложения. При составлении новой системы линейных уравнений с новыми параметрами и выполнении последовательно первой и второй инверсии использовались результаты предыдущих решений. Процесс итерации позволяет находить удовлетворительные решения. Результаты показателя добротности  $Q$  среды для вулкана Ключевской соответствуют ранее полученным.

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В КОНУСЕ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА

Лемзиков М.В.

Для исследования поглощения энергии сейсмических волн в конусе вулкана Ключевской использовались слабые вулканические землетрясения 2-го и 3-го типа с глубиной очага от 1 до –3 км (в конусе вулкана) за 2000 год. Цифровые записи слабых вулканических землетрясений выполнены радиотелеметрическими сейсмическими станциями, расположенными на постройке вулкана Ключевского. В работе использовались две радиотелеметрические сейсмические станции Цирк (CIR) и Логинов (LGN). Анализ цифровых сейсмограмм выполнен с использованием спектрального анализа первых вступлений  $P$  и  $S$  – волн. Продолжительность временного интервала для спектрального анализа – 4 сек от времени вступления  $P$  и  $S$  – волн. Цифровые записи землетрясений вначале корректировались на амплитудночастотную характеристику канала станции. Пропускались через цифровые полосовые фильтры с осевыми частотами 8.0, 10.0 и 12.0 Гц. В каждой частотной полосе и по каждому сейсмическому каналу оценивались амплитудные спектры. Значения амплитудных спектров на соответствующих частотах сравнивались с гипоцентральной расстоянием для получения оценок добротности методом наименьших квадратов. Оценки показали большое аномальное поглощение энергии сейсмических волн на близких расстояниях на станции Логинов по сравнению со станцией Цирк.

## **СОЗДАНИЕ ГИС БОЛЬШЕ-БАННЫЕ ТЕРМАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ НА КАМЧАТКЕ**

Леонов В.Л., Леонова Т.В., Двигало В.Н.

Целью данной работы была попытка продемонстрировать использование новых методов на примере визуализации геоданных о районе распространения термальных источников Больше-Банной гидротермальной системы Камчатки. Больше-Банные источники являются на Камчатке одними из самых крупных и интересных. Этот район привлекает внимание множества людей - гидрогеологов, геологов, вулканологов, туристов, краеведов. Был создан топографический план масштаба 1:2000 на район Больше-Банных источников, что дало возможность сделать привязку источников более точно. Одной из поставленных задач было ознакомление широкого круга заинтересованных в информации о данном районе лиц (геологов, гидрогеологов, туристов, краеведов) не только с местоположением источников, но и со всей накопленной по ним информацией (фото-, видео-, текстовой, аналитической). Мы отказались от создания базы данных в ПО ArcGis и пошли по пути визуализации данных методами неогеографии с использованием наиболее развитого на данный момент, и, что немаловажно, бесплатного и общедоступного сервиса Google Earth. Использование открытых гипертекстовых форматов позволило предоставить различную информацию по источникам в открытом доступе. Наша информационная система была заполнена текстовой, фото, картографической информацией.

Работа ведется в рамках создания единой информационной системы по геотермальным системам Камчатки методами неогеографии на основе сервиса Google Earth. Район Больше-Банных источников в Google Earth можно посмотреть на web-сайте лаборатории геологии геотермальных полей <http://www.kscnet.ru/ivs/lggp/index.html>.

## ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ

Малик Н.А, Кузьмина А.А.

Вулканы поставляют в атмосферу большое количество кислых газов и пепла, которые возвращаются на земную поверхность путём влажного и/или сухого осаждения и относятся к главным компонентам вулканического загрязнения окружающей среды.

На примере изучения отложений извержений вулканов Северной группы (Камчатка) Безымянного и Шивелуча зимой 2006-07 гг. показано, что влияние эксплозивной вулканической активности на химию снега выражается в форме повышенного содержания основных макрокомпонентов (в том числе токсичных ионов хлора, фтора, сульфата) в присутствии твёрдых флуктуирующих веществ. В результате извержения вулкана Безымянный 24 декабря 2006 г. пеплопадом было покрыто более 8000 км<sup>2</sup> территории полуострова. В сезонный снежный покров поступило около 7,5 млн. тонн пепла, а с ним более 30 тыс. тонн водорастворимых веществ. Вулканом Шивелуч за первые три месяца извержения 2006-2007 гг. было вынесено около 2,5 млн. т пепла. Пеплопадами была покрыта территория площадью 31000 км<sup>2</sup> в радиусе более 100 км от вулкана. За это время в окружающую среду поступило около 17 тыс. т водорастворимых веществ. В среднем по площади пеплопадов минерализация годового снежного покрова повышена в 3-4 раза по сравнению с фоновыми осадками; вблизи вулканов – на порядок и более.

Вклад фумарольной деятельности в формирование химического состава сезонного снега изучался на примере вулканов Авачинский (Камчатка) и Эбеко (о. Парамушир) по радиальным профилям от кратера до их подножия. Зона влияния фумарольных полей Авачинского вулкана на химический состав снега в юго-восточном направлении не превышает 900 м, т.е. выше 2400 м над уровнем моря. Только у кратера минерализация снега возрастает в 15 раз по сравнению с фоновой, а рН понижается до 3,4. Для вулкана Эбеко сфера воздействия в восточном направлении распространяется до океана (на 8 км) и выражается, в первую очередь, в пониженных значениях рН в снеге.

## **ОПЫТ ПРИЛОЖЕНИЯ РАДАРНЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ К ИССЛЕДОВАНИЮ МОРФОЛОГИИ И ДИНАМИКИ ВУЛКАНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ (НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ)**

Мельников Д.В., Муравьев Я.Д.

Анализируются радарная спутниковая информация о различных формах вулканогенного рельефа, морфологически выраженного в строении активных стратовулканов Ключевской группы. Показано, что на основе этих данных можно идентифицировать деформации поверхности вулканических построек и классифицировать отложения по генезису и интенсивности их динамики.

При взаимодействии вулканической деятельности с окружающей средой происходит образование положительных и отрицательных форм вулканогенного рельефа, которые приводят к формированию на действующих стратовулканах своеобразного вулкано-гляциального комплекса со своими особенностями в строении и динамике. Природные условия крайне неблагоприятны для его исследования полевыми экспериментальными методами. Поэтому крайне привлекательна идея использовать с этой целью дистанционные методы, к которым относится и радарная космическая съемка.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ФУМАРОЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МУТНОВСКОГО ВУЛКАНА (ПО МАТЕРИАЛАМ ОТБОРА 2008 Г.)

Назарова М.А., Вергасова Л.П., Овсянников А.А., Дунин-Барковская В.В.

Приводятся результаты исследований минеральных новообразований с фумарольной площадки Донного поля, отобранные в период наблюдения за состоянием вулкана в июне 2008 г. Одна проба (М-996/08) представляла собой продукт конденсации вулканического газа, выкристаллизовавшийся на значительной площади поверхности прогретого участка (до 90°C) на правом берегу реки Вулканная, в 50 см от уреза воды. Вторая проба была представлена самородной серой, характерного желтого цвета с алмазным блеском.

Изучение пробы М-996/08 проведено с использованием комплекса физико-химических методов исследования вещества. Предварительно проба обследовалась под бинокляром. Микроскопически проба представляет собой спутанноволокнистый агрегат индивидов призматического облика бледного желтого цвета с зеленоватым оттенком и шелковистым блеском. Проба хорошо растворяется в воде. Реакция кислая.

Химическое исследование пробы проведено методом силикатного анализа и методом водной вытяжки. По данным химических исследований вещество пробы М-996/08 представляет собой смесь водных сульфатов породообразующих элементов  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , Al, Mg, Ca.

Использование рентгеновского метода позволило изучить минеральный состав пробы М-996/08. Методом порошковой дифрактометрии (ДРОН-2.0,  $CuK\alpha$ -излучение) была получена дебаеграмма пробы. Большинство наиболее интенсивных линий этой дебаеграммы оказались близки минералам галотрихиту и в меньшей степени пиккерингиту, с которым галотрихит образует изоморфный ряд. Это может свидетельствовать о присутствии в пробе минерала ряда галотрихит-пиккерингит  $(Fe^{2+}, Mg)(Al, Fe^{3+})_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$ . Характеристические линии минерала ( $d(I)$ ): 15.9(7)-9.6(9)-6.0(17)-5.0(28)-4.80(89)-4.29(49)-4.11(38)-3.496(100). Были также идентифицированы минералы, которые присутствуют в пробе в виде незначительной примеси и отделение которых не представлялось возможным. Из примесных минералов диагностирован гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Также вероятно, присутствие алуногена, что не противоречит результатам химических исследований.

Инфракрасный спектр пробы М-996/08 регистрировался на спектрофотометре фирмы Shimadzu IRAffinity-1 (с использованием прессования таблетки образца со спектрально чистым KBr). Анализ ИК-спектра показал присутствие полос поглощения, характерные для сульфатов. Наиболее интенсивные колебания - валентные,  $\nu_3SO_4$ , расположены в области 1000-1200  $cm^{-1}$ . Основная полоса имеет расщепление в виде дуплета. Также наблюдаются характеристические полосы валентных и деформационных колебаний сульфат-ионов в области 600, 700 и 1100  $cm^{-1}$ . Имеется интенсивное поглощение в области валентных и деформационных колебаний ОН-групп, характерное для водосодержащих сульфатов. Наличие кристаллизационной воды подтверждается полосами в области 3200-3600  $cm^{-1}$  и 750  $cm^{-1}$ . ИК-спектр пробы в общих чертах идентичен галотрихиту.

Вывод. По результатам комплексного исследования состав продуктов фумарольной деятельности Мутновского вулкана в интервале температур до 100°C представлен самородной серой и водными сульфатами породообразующих элементов  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , Al, Ca, Mg. Среди водных сульфатов существенно преобладает минерал изоморфного ряда галотрихит-пиккерингит, в котором соотношение магния и двухвалентного железа по данным химических исследований 1:10.



## СНИЖЕНИЕ АКТИВНОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕВЕРНОМ СЕКТОРЕ КАЛЬДЕРЫ АКАДЕМИИ НАУК (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) ПО ДАННЫМ 1996–2009 ГГ.

Николаева А.Г., Дубровская И.К.

Фреато-магматическое извержение 1996 г. в озере Карымском, повлекшее за собой изменение теплового, химического и газового режима, привело к резкой смене водной химической среды в длительно существующем пресноводном бассейне, расположенном в кальдере Академии Наук, в которой масса газо-водного флюида и его тепловая мощность, оказали влияние на подготовку и ход данного извержения. При сопоставлении всех имеющихся до и после извержения в озере данных, выяснилось, что за 3 года до этого стала повышаться температура на поверхности мыса Северного и концентрация химических элементов в истоках реки Карымской (Пилипенко, 1989; Фазлуллин, 2000; Карпов, Николаева, 2006). Последствием катаклизма 1996 г. стало возникновение мощного очага разгрузки терм по трещине субмеридионального направления в северном секторе кальдеры (Федотов, 1997; Муравьев, 1997; Леонов, 1997; Вакин, Пилипенко, 2001), которые и явились предметом наших исследований.

В результате проведенных работ выявился ряд изменений как в геоморфологическом облике самого полуострова, так и в его гидротермальной деятельности. От некогда появившихся на полуострове взрывных воронок, трассирующих упомянутую выше трещину, остались лишь малозаметные выемки (за исключением воронки № 4) и те затягиваются осадочным материалом с северного борта кальдеры. По результатам тепловой аэросъемки, проведенной в 2000–2009 гг. в ее северной части были установлены зоны пониженных температур, следствием которых могут быть скрытые здесь разгрузки грунтовых вод. Помимо этого отмечено уменьшение в 2–3 раза тепловой мощности и минерализации воды в районе расположения Пляжных источников. В подводном кратере Токарева, куда происходит вся их разгрузка, минерализация химических элементов за период с 1996 по 2009 гг. соответственно тоже уменьшилась раза в два. На фоне общего снижения минерализации воды в гидротермах исследуемого нами объекта отмечались и некоторые пики, связанные, по всей видимости, с периодами активизации на протяжении 1996–2009 гг. близрасположенного вулкана Карымского (Андреев, Магуськин, 2009).

В последние годы наблюдается сужение площади высокотемпературного поля в районе Пийповских источников и понижение в нем температуры с 70 до 65°C. В районах разгрузок термальных вод, в том числе и подводных в кратере Токарева, отмечено снижение эмиссии спонтанных газов, наблюдавшихся длительное время после катастрофы в озере. Изменения коснулись и относительно газового состава Пийповских источников, так содержание CO<sub>2</sub> в них уменьшилось на 2–3 об.%, резко снизилось поступление углеводородных газов, но зато заметно увеличилась доля N<sub>2</sub>. Неукоснительно к нейтральной среде приближается водородный показатель и в воде кратера Токарева и в истоках р. Карымской. Полученные нами данные свидетельствуют о наметившейся тенденции снижения гидротермальной деятельности в этом районе. В отличие от позиции последнего объекта, на близрасположенных от него – источниках Медвежьих, отмечается более устойчивый температурный потенциал, колеблющийся в пределах 50–60°C и относительно стабильный химический состав воды, хотя и с долей вариации в ней химических элементов. Подводя итог, можно сказать, что наметившемуся снижению гидротермальной деятельности в северном секторе кальдеры Академии Наук, по всей вероятности, способствует обычный процесс кольматации в зоне трещины 1996 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАЙОНЕ МУТНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАРОГИДРОТЕРМ В 2006-2007 ГГ.

Нурмухамедов А.Г.<sup>1</sup>, Чернев И.И.<sup>1</sup>, Яковлев А.Г.<sup>2</sup>, Алексеев Д.А.<sup>3</sup>, Мороз Ю.Ф.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Камчатгеология»; <sup>2</sup>ОАО «Геотерм»;  
<sup>3</sup>ООО «Северо-Запад» (Москва); <sup>5</sup>ИВиС ДВО РАН

В полевые сезоны 2004–2006 г.г. был выполнен большой объём электроразведочных работ методами магнитотеллурического (АМТЗ-МТЗ) и частотного (ЧЗ) зондирования в районе Мутновского месторождения и его флангах.

В результате интерпретации полевых материалов получена уникальная информация о глубинном строении месторождения. В частности, построена карта суммарной продольной проводимости вулканогенно-осадочного комплекса пород. В верхней части разреза выделен низкоомный горизонт. В его толще выделены две аномалии электропроводности, которые, по мнению интерпретаторов, являются приповерхностными индикаторами глубинных зон разгрузки высокотемпературного теплоносителя. Первая из аномалий локализована в северной, а вторая в южной части исследуемой площади.

Проведено двухмерное численное моделирование по 12 интерпретационным профилям АМТЗ-МТЗ, пересекающим район месторождения в северо-западном направлении. В итоге получены двумерные геоэлектрические разрезы, в которых отражено распределение электропроводности на глубину порядка 10 км. Результаты 2D-моделирования послужили исходным материалом для работы над созданием *трёхмерной* модели месторождения. 3D-моделирование осуществлялось с использованием программы МТЗDFWD Р. Мэки (Maskie, Smith & Madden, 1994). В результате расчётов была получена трёхмерная геоэлектрическая модель Мутновского месторождения парогидротерм.

По результатам интерпретации данных АМТЗ-МТЗ, в районе Дачного участка, на глубине 4–4,5 км выделен ограниченный в пространстве аномально низкоомный объект, отождествляемый с высокотемпературным очагом - зоной частичного плавления (?). Основанием к такому предположению послужили результаты ранее проведенных сейсморазведочных работ МОВЗ, по которым в анализируемом районе на глубине 5 км и более выделена зона, где наблюдается понижение скорости поперечной волны ( $K=V_p/V_s \geq 1,85$ , фоновое значение  $K=1,5$ ). Такие показатели могут быть в среде характеризующейся повышенной пластичностью. В северо-западной части исследуемой площади, в интервале глубин 1,2–2,5 км, выделен локализованный низкоомный объект, который по ряду признаков отождествляется с гигантским природным резервуаром, в котором происходит накопление холодных вод. Согласно разработанной концепции воды из него по ослабленной зоне проникают на значительные глубины (километры) в область влияния высокотемпературного очага. Перегретые воды устремляются по субвертикальным разломам в верхние горизонты – в зоны разгрузки. Собственно же месторождение парогидротерм отождествляется с изолированными зонами-резервуарами, где в условиях высокого давления происходит накопление перегретых вод. После всестороннего анализа предложена геолого-геофизическая модель Мутновского месторождения парогидротерм.

На основании полученной геолого-геофизической информации, были рекомендованы места под бурение двух скважин. По геофизическому прогнозу скв. 1 должна была вскрыть продуктивный горизонт в интервале глубин 1200–1900 м, а скв. 2 в интервале глубин 600–1400 м. По комплексу данных была пробурена наклонная скважина Гео-1. Азимут её прохода составил 240°. Угол наклона 28°. В плане ствол скважины прошел в непосредственной близости от рекомендуемого места бурения скв. 1. В интервале глубин 1740–1940 м был вскрыт мощный приток пароводяной смеси! К большому удовлетворению можно отметить: результаты бурения предельно близки к геофизическому прогнозу.

## ТИПОМОРФИЗМ СОСТАВОВ МИНЕРАЛОВ ГРУПП ШПИНЕЛИ И ОЛИВИНА В МАГМАТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ.

Пономарев Г. П., Пузанков М.Ю.

Обработка имеющихся к настоящему времени экспериментальных данных (база данных «ИНФОРЕКС» авт. А. А. Аriskин и др.) по фазовым равновесиям минералов группы шпинели и оливина в расплавах ультраосновного и основного составов позволила описать эти равновесия с помощью системы уравнений, связывающих составы этих фаз с составами равновесных расплавов и  $P - T$  условиями. В частности, группа уравнений, описывающая равновесие составов оливин – шпинелевого парагенезиса, позволила, на примере четвертичных основных эффузивов Камчатки, выяснить, что эта пара, представленная вкрапленниками оливина с включениями кристаллов шпинели, переуравновешивается в большинстве случаев в процессе охлаждения и не пригодна для оценок условий их образования. Встречаются и отдельные случаи, свидетельствующие о повторном нагреве, что вероятно указывает на существование конвективных ячеек в подводящем канале (БТТИ). Переуравновешивание наблюдается и для случая вкрапленник оливина – включения шпинели – включения расплава, как в оливине, так и шпинели. В этом случае расплавные включения в шпинели обогащаются магнием, и они становятся более магнезиальными относительно таких же включений в оливине. Это отчетливо проявилось на примере расплавных включений из оливинов в вулканах толеитовой и базанитовой серий Гавайских островов. В этом случае создается ложное впечатление о более высокой магнезиальности расплава при росте кристаллов шпинели.

Хорошим индикатором условий образования служит содержание кальция в кристалле оливина. Обработка экспериментальных данных показала, что содержание окиси кальция в оливине, образовавшегося из расплава с содержанием  $CaO > 3 - 4\%$  не может быть ниже  $0.1\%$  и не зависит от температуры и давления (700 экспериментальных точек, значения давления до 175 кб.). Используя это положение, были рассмотрены составы оливинов из пород основного - ультраосновного составов различной фациальной принадлежности и образовавшихся в различных геодинамических обстановках. Были использованы опубликованные данные из ~ 1200 литературных источников. Для вкрапленников оливина из лав разнообразных магматических серий различных геодинамических обстановок это правило выполняется, хотя изредка встречаются кристаллы оливина с содержаниями  $< 0.1\% CaO$ , что позволяет предполагать их ксеногенную природу. В интрузивных породах различных фаций глубинности, включая ксенолиты, могут быть встречены как низкокальциевые разности, так и с содержащими  $CaO > 0.1\%$ . В большинстве случаев, (расслоенные интрузивные массивы, альпинотипные гипербазиты, породы третьего слоя современной океанической коры, ксенолиты и т.д.) преобладают низкокальциевые разности. Что позволяет предполагать немагматический генезис составов, слагающих их минералов и, в частности, с точки зрения минерального состава, гипербазиты 3 слоя океанической коры не являются реститами в строгом смысле этого термина. В Корякско - Камчатском регионе дунит-клинопироксенит - габбровые массивы также содержат преимущественно низкокальциевые кристаллы оливина, хотя в некоторых массивах встречаются отдельные кристаллы с содержаниями  $CaO > 0.1\%$ . Существование кальциевых разностей оливина в ультраосновных разностях ксенолитов, обнаруженных в меймечитах Валагинского хребта, базанитах р. Валовойя и мыса Наварин позволяет предполагать существование в этих районах не экзугмированных расслоенных интрузивных комплексов от мелового до четвертичного возрастов и, возможно, содержащих повышенные концентрации элементов платиновой группы.

## ДВА НЕОБЫЧНЫХ ЛАВОВЫХ ОБРАЗОВАНИЯ НА КАМЧАТКЕ

Овсянников А.А.

Огромное количество различных морфологических форм лав, зачастую очень причудливых, описано при извержениях базальтовых вулканов. На вулканах Камчатки нами было встречено две подобных образования. Первое из них было описано на восточном склоне вулкана Горелый и внешне представляет собой обычный лавовый конус, а внутри - *лавовый колокол*.

*О его генезисе.* По-видимому, сначала это было обычным трещинным излиянием лавы. Жидкий лавовый поток, быстро достигнув основания вулкана, начал растекаться отдельными рукавами. Из-за уменьшения расхода поступающей магмы уровень лавы в потоке понизился, она быстро покрылась коркой и в дальнейшем текла в лавовой трубе. Через некоторое время расход поступающей магмы увеличился и труба не могла пропустить его через себя. На истоке образовалось лавовое озеро, из которого стали изливаться очень жидкие потоки в различных направлениях. Мощность таких потоков 0,3-1,0 м, при длине от 3 до 60 м. В результате сформировался лавовый конус относительной высоты около 25 м с крутизной склона до 35°. На заключительном этапе установилось равновесие между расходом магмы и расходом лавы, вытекающим через основную лавовую трубу и несколько мелких труб. Изливаясь на одном уровне, лава быстро застыла в кратере в виде небольшого вздутия, и образовавшийся конус стал полностью замкнутым куполом.

*Формирование колокола.* Объём поступающей магмы стал медленно уменьшаться и уровень лавы внутри купола стал медленно понижаться. В лавоводах конуса, которые были направлены вниз по склону, лава переставала течь и застывала. В одном же лавоводе, который имел падения в сторону канала, лава затекла внутрь конуса при понижении уровня лавы в нём ниже истока. В результате этого осталась небольшая полая труба. Уровень лавы в канале понижался до тех пор, пока давление лавы в канале не сравнялось с давлением на фронте основного лавового потока. В этом состоянии лава застыла, а конус внутри остался полым. В дальнейшем, в результате незначительной эрозии открылся вход в боковой нисходящий лавовод. Через эту трубу можно попасть внутрь конуса, который сегодня представляет собой самый настоящий *лавовый колокол*.

Ещё одна необычная лавовая форма (*эксক্রиментумная*) была описана в южной рифтовой зоне вулкана Плоский Толбачик при изучении потоков в западной части г. Высокая. Она была обнаружена в стенке одного из провалов в кровле очень крупного лавовода.

*Образование камеры.* Сначала происходило излияние обычного жидкого лавового потока небольшой мощности (~2 м). Вскоре он покрылся коркой, толщиной около 10 см, и продолжал какое-то время двигаться в лавоводе. После того, как на истоке подача лавы иссякла, часть её вытекла из лавовой трубы. В результате образовалась полость высотой около 50 см между поверхностью потока и потолком трубы. При остывании кровли трубы она покрылась трещинами, что способствовало образованию небольшого (~5×6 см) конусовидного провала. Вершина конуса была направлена вверх.

*Образование эксক্রиментумной лавовой формы.* Следующий жидкий лавовый поток достиг вышеописанного отверстия и перекрыл него. Лава, из нижней части потока, стала выдавливаться через отверстие в этот провал в виде толстой чуть уплощённой «колбаски». Достигнув поверхности нижнего потока, она стала сворачиваться в причудливые складки, подобно широкой шёлковой ленте, которую медленно опускают на стол, держа вертикально за один конец. В итоге сформировалась пирамидальная кучка *эксক্রиментумной лавы* (*excrementum* (лат.) – выделение) высотой около 30 см.

# КАТАЛОГ МЕТАДАННЫХ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Романова И.М.

За многие годы исследований в Институте вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН накоплены уникальные научные данные по всем направлениям исследований института, среди них – массивы и базы данных, карты, публикации, отчеты. Основную часть накопленных данных составляют информационные ресурсы (ИР) по современному вулканизму и сейсмичности Курило-Камчатского вулканического пояса.

Информационные ресурсы ИВиС характеризуют разные форматы данных, различные условия сопровождения и методы доступа. Большие объемы, разнородность, рассредоточенность хранения данных создают существенные проблемы их эффективного использования. Назрела очевидная необходимость создания единого информационного пространства института, основанного на интернет-технологиях и объединяющего имеющие распределенный характер данные. Залогом эффективного использования ИР является инфраструктура хранения, поиска и предоставления этих данных на основе их структурированных описаний – метаданных. В настоящее время метаданные являются обязательной составляющей хранилищ данных и их каталогизации в сети Интернет. В результате анализа существующих в мире систем каталогизации и программного обеспечения (ПО) для их построения принято решение о создании Каталога метаданных ИВиС на базе ПО с открытым исходным кодом.

В феврале 2010 г. на веб-сервере ИВиС установлено и настроено ПО GeoNetwork Opensource. GeoNetwork – это стандартизированная и децентрализованная среда управления пространственной информацией, разработанная для доступа к базам геоданных, картографическим продуктам и связанным с ними метаданным из различных источников, облегчающая обмен пространственной информацией между организациями и ее совместное использование в сети Интернет. GeoNetwork успешно используется уже многими организациями по всему миру.

Каталог метаданных ИВиС представляет собой универсальную корпоративную справочную систему, предназначенную для описания как сетевых (доступных в сети Интернет/Интранет), так и локальных ИР института. Система позволяет создавать и редактировать метаданные, предоставляет возможность простого и расширенного поиска метаданных по нескольким атрибутам, а также поиска по географическим координатам.

Каталог содержит метаданные следующих категорий данных: базы данных, наборы данных, геоинформационные системы, карты и графика, фотографии, аудио/видео, материалы конференций, интерактивные ресурсы. Большую часть метаданных составляют описания ИР по наземным и подводным вулканам.

Описания ИР в системе полностью соответствуют общепринятым стандартам на метаданные, что позволяет обеспечить ее интеграцию с другими подобными системами и каталогами метаданных сети Интернет. Проведены тестовые испытания возможности сбора метаданных (harvesting) из других источников. После детального анализа существующих систем и каталогов метаданных в сети Интернет, содержащих описания ресурсов, близких тематике исследований ИВиС, эти каталоги также будут включены в механизм harvesting.

Каталог метаданных ИВиС доступен в сети Интернет по адресу <http://geoport.kscnet.ru/geonetwork/>. Создаваемая инфраструктура позволит интегрировать информационное пространство ИВиС в глобальное научное информационное пространство.

## ОСОБЕННОСТИ ЗАТУХАНИЯ ВОЛН МАЛОЙ АМПЛИТУДЫ В ГАЗОНАСЫЩЕННОЙ МАГМЕ.

Самойленко С.Б., Гордеев Е.И.

В работе приводится анализ волновых свойств магмы, заполняющей подводный канал действующего вулкана. Её целью является оценка возможности объяснить резонансными явлениями вулканическое дрожание, сопровождающее вулканическую активность. В работе проводится анализ затухания волн, распространяющихся в магме.

Простые оценки диссипации малых возмущений в магме, как в двухфазной среде, показывают, что затухание и рассеяние волн должно происходить чрезвычайно быстро, так что волны не могут распространяться на расстояния, существенно превышающие длину волны.

Для более детального анализа построена полная математическая модель течения двухфазной жидкости, дополненная кинетикой спонтанного зарождения пузырьков с диффузионными слоями. Математическая модель позволяет оценить физические свойства магмы в канале, лучше понять процессы, сопровождающие извержение и предшествующие катастрофическим взрывам, характерным для андезитовых и базальтовых вулканов.

При построении модели делаются следующие предположения: канал рассматривается, как квазиодномерный цилиндр с диаметром много меньшим длины, заполненный газонасыщенным расплавом; расплав представляет собой вязкую Ньютоновскую жидкость; за характерное время распространения малого возмущения распределение температуры расплава и скоростей фазовых переходов не меняются.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: возмущения плотности и скорости газовой фазы распространяются, в коротковолновом приближении, со скоростью звука, характерной для газа при рассматриваемой температуре, однако скорость распространения волн зависит от концентрации газовой фазы в смеси. Таким образом, на рассматриваемых временах расплав и представляет собой жесткий каркас, передающий возмущения давления от пузырька к пузырьку без изменений.

Затухание волн в газовой фазе также зависит от распределения фоновых параметров вдоль канала. Однако дисперсионный анализ линеаризованных уравнений, описывающих динамику магмы, показал, что слабые возмущения затухают достаточно слабо и могут распространяться на десятки длин волн. Кроме этого, в распределении декремента вдоль канала имеется минимум, таким образом, в канале могут существовать области, в которых волны в газовой фазе живут достаточно долго. Численное моделирование распространения малых возмущений в двухфазной среде подтвердило, что в верхней части подводного канала возможно образование области, длиной порядка 1 км, в которой диссипация волн невелика и достаточна для образования стоячих волн. Однако, условия на границах этой области таковы, что волны практически не имеют возможности отражаться от них.

## ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН «БЕЗЫМЯННЫЙ», ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ.

Сероветников С.С., Гнитиева Е.Ю.

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

В районе действующего вулкана Безымянный, сильные эксплозивные извержения которого происходят 1-2 раза в год, создана сеть из 10 пунктов GPS наблюдений. В перспективе сеть необходимо уплотнять и расширять на территорию всей Ключевской группы вулканов, для учета влияния вулкана Ключевская сопка и уточнения выводов о глубинах источников давления под вулканами и о механизме внедрения магмы в поверхностные слои земной коры.

На части пунктов сети наблюдения проводятся непрерывно с использованием постоянных автономных GPS станций на базе двух частотных GPS приемников TRIMBLE NETRS. Пункт представляет собой армированный бетонный пилон с устройством принудительного центрирования антенны станции. Вблизи пункта устанавливается сварной металлический бункер, в котором располагается GPS приемник и система питания станции. Питание приемника осуществляется по двум каналам (основной и резервный), от двух батарей сухих элементов «БАКЕН» напряжением 18 в. Суммарная емкость системы питания, позволяет постоянной GPS станции работать автономно в течение 380 суток. Регистрация данных ведется на встроенный в приемник накопитель емкостью 2Гб. Постоянные автономные GPS станции не оснащены аппаратурой передачи данных, вследствие чего, данные наблюдений снимаются один - два раза в год во время проведения регламентных работ с использованием вертолета или пешим порядком в летнее время. Проведение работ на сети пунктов пешим порядком, сопряжено с большими трудностями в виду общей сложности проведения полевых работ в районе вулкана Безымянный.

Сеть постоянных GPS станций регистрирует поверхностные проявления деформационных процессов связанных с активностью вулканов Безымянный и Ключевская сопка. Использование сети GPS станций позволяет оценивать, в том числе и длиннопериодные деформационные процессы, которые невозможно зарегистрировать с помощью сети сейсмических станций. Комплексные наблюдения с помощью сейсмической и GPS аппаратуры позволяют получить наиболее полные данные о глубинных процессах и механизмах внедрения магмы в поверхностные слои земной коры.

В 2010 году планируется получить последние данные сети, провести установку 3х комплектов систем питания станций на основе солнечных батарей, что существенно снизит стоимость ежегодного технического обслуживания. Так же планируется оснащение одной из станций, находящейся в зоне покрытия сотовой связи, GPRS модемом и осуществление режима оперативной передачи данных (1 раз в сутки). Будет проведено полное техническое обслуживание всех станций сети, с целью обеспечить автономную работу до осени 2011 года. Запланированы работы по проведению наблюдений на всех пунктах сети не оснащенных постоянными станциями с помощью мобильных комплектов GPS станций. Так же будет изучена возможность оснащения всех станций системами передачи данных.

По результатам моделирования вулканических процессов на основе массива данных полученного в течение 7 лет наблюдений, а так же при сопоставлении с данными сети сейсмических станций будет принято решение о необходимости проведения дальнейших постоянных наблюдений, а также о перспективном расширении сети на территорию всей Ключевской группы вулканов.

## ОБ УСЛОВИЯХ ДЕГАЗАЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ И МЕХАНИЗМЕ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЭКСПЛОЗИЙ.

Сторчеус А.В.

Вопрос о причинах скачкообразного повышения избыточного давления в подводящем вулканическом канале под кратером во время вулканического взрыва (ВВ) представляется наиболее интересным. Величина избыточного давления на этом этапе в очаге ВВ, по некоторым оценкам, достигает от нескольких сотен до 1000 атм.

В основе наиболее обоснованных моделей, объясняющих причины быстрого повышения избыточного давления по физическим причинам, лежит гипотеза Верхугена о механизме образования пепла (*Verhoogen J.*, 1951). Основное положение этой гипотезы – частицы вулканического пепла образуются из магмы при слиянии газовых пузырьков, содержащихся в магме. Многие исследователи пытались объяснить избыточное давление в маленьких газовых пузырьках их быстрым ростом в вязкой магме, препятствующей их расширению. Но последние расчеты показали, что такая модель не способна обеспечить достаточно высокое давление, способное произвести выброс вулканического материала ни в случае катастрофических ВВ, возникающих в результате обвала части вулканической постройки и последующей декомпрессии в магматическом канале, ни для более слабых ВВ вулканского типа. Полевые наблюдения показали, что при сильном эксплозивном извержении вулкана Сент-Хеленс в 1980 г. минимальный размер мельчайших частиц вулканического пепла в выброшенном вулканическом облаке составлял  $n \cdot 10^{-8}$  м (*Hobbs et al.*, 1981, *Pollack et al.*, 1981). Такого же размера частицы были зафиксированы и на извержении вулкана Алаид в 1980 г (*Земцов А.Н.*, 1986). Из этого следует, что количество пузырьков  $N$  в единице объема магмы перед ВВ должно достигать  $10^{21} - 10^{24}$  в  $1\text{ м}^3$ .

Одно из слабых мест в расчетах по декомпрессионной модели – то, что в экспериментальных работах до сих пор не наблюдалось такого большого количества пузырьков  $N$  в единице объема. Экспериментальные данные (*Lensky N.G.*, *at. Al*, 2004). и численные расчеты (*Чернов А.А.*, *и др.*, 2004). декомпрессионной модели ВВ показывают, что даже при значительном насыщении расплава летучими и высоком уровне декомпрессии (до 100 МПа), количество нуклеусов  $N$  в единице объема магмы не превышает  $10^{15}$  в  $1\text{ м}^3$ . Ни на одной экспериментальной установке не был получен искусственный ВВ по декомпрессионной схеме. Таким образом, выявляется противоречие между экспериментальными данными и натурными наблюдениями, которое заключается, по-видимому, в различии условий дегазации магмы на начальном этапе.

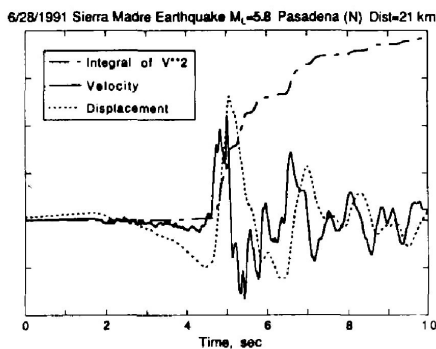
В докладе автор приводит доводы о несоответствии условий дегазации образцов магмы на экспериментальных установках натурным условиям и постарается обосновывать эту точку зрения математическими выкладками.



## О МЕТОДАХ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТОКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СЛАБЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.

Сторчеус А.В.

Сейсмическая энергия  $E$  – единственная энергетическая характеристика землетрясения, способная к прямому измерению. Она определяется как интеграл от проекции вектора плотности потока сейсмической энергии  $q$  на нормаль к некоей поверхности  $S$ , по площади этой поверхности  $S$  и по времени  $t$ :  $dt$ , где  $q = \rho cv^2$ ,  $\rho$  – плотность среды,  $c$  – скорость сейсмических волн,  $v$  – скорость колебаний частиц грунта. И если интегрирование потока энергии по поверхности обычно не вызывает затруднений при расчетах сейсмической энергии, то интегрирование по времени допускает различные варианты и способы, которые постоянно совершенствуются. Как правило, задача сводится к расчету интеграла квадрата скорости смещения:  $I = \int v^2 dt$ . В настоящее время существуют различные способы расчетов интеграла потока сейсмической энергии: 1 – интегрирование квадрата скорости смещения по всей длине землетрясения; 2 – интегрирование спектральной функции  $W(T)$ ,  $T$  – период гармоник сейсмического сигнала и 3 – интегрирование спектральной функции  $W(f)$ ,  $f$  – частота гармоник. Каждый из них в той или иной мере содержит неточности. Совершенствование методов расчета сейсмической энергии в настоящее время является одной из главных задач современной сейсмологии.



Типичная сейсмограмма (смещение и скорость) и интеграл квадрата скорости.

В работе (Сторчеус А.В, 2008) был предложен способ расчета сейсмической энергии по максимальной амплитуде сейсмического сигнала за один полупериод колебаний. Как видно из рисунка, значение потока сейсмической энергии, рассчитанного предложенным автором методом, значительно отличается от расчетов традиционно используемым способом, когда суммируются колебания по всей длине землетрясения. С увеличением расстояния от источника и увеличением длины записи сейсмического сигнала, это различие возрастает. Предлагается способ расчета сейсмической энергии по записям реальных землетрясений, который учитывает спектральный состав записей сейсмических волн. В качестве следствия преимущества предлагаемого метода приведены оценки сейсмического к.п.д. для сильных и слабых землетрясений, которые согласуются с величинами сброшенных напряжений для слабых и сильных землетрясений, определенных по  $M_0$ .

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВ НА ВУЛКАНЕ БЕЗЫМЯННЫЙ В 2007-2009Г.

Ушаков С.В.<sup>1</sup>, Тарин Лопез<sup>2</sup>, Тимофеева И.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Алякиснская вулканологическая обсерватория, Геофизический Институт, США*

Исследование вулканических газов является одним из методов в поиске возможных предвестников извержения вулкана, а также ключом к пониманию этого механизма. Авторский коллектив представляет предварительные результаты исследования эмиссии двуокиси серы (SO<sub>2</sub>) на вулкане Безымянный, полученных во время полевого сезона 2007-2009 гг.

Исследования вулканических газов на в. Безымянный велись двумя способами. Измерение поглощения ультрафиолетового света SO<sub>2</sub> с помощью спектрометра FLYSPEC, работающего в ультрафиолетовом диапазоне, на вулкане Безымянный проводились в течение 2007, 2008 и 2009г. Также были непосредственно отобраны пробы газа в барбатыры Гиггенбаха из фумарол на куполе вулкана в 2007 и 2009 г. Анализы проводились в ИВиС ДВО РАН.

Данные, полученные с помощью FLYSPEC, согласно закону Ламберта, были автоматически преобразованы в удельные веса SO<sub>2</sub> с помощью программного обеспечения FLYSPEC. Измерения были получены посредством сканирования (вращая FLYSPEC на треноге). Ряды данных были отобраны вдоль поперечного сечения вулканического шлейфа. Измерения плотности колонны, вычисления SO<sub>2</sub> в шлейфе на вулкане использовались совместно с оценками скорости ветра, расстояния и азимута.

Предварительные полученные данные по распределению эмиссии SO<sub>2</sub> на в. Безымянном находятся в пределах 60 - 460 (+/-50 %) тонн в день (т/д).

По предварительным результатам газовых образцов можно сказать следующее: пробы, отобранные в 2009г отличаются от проб 2007г. В частности показатели отношений SO<sub>2</sub>/HCl и CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O в 2009г гораздо выше. Вероятно источником отобранного газа послужила порция свежей магмы, подъем которой вызвал извержение 16 декабря 2009г.

	2007	2008	2009
SO <sub>2</sub> /HCl	1,56		23,61
CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O	0,01		0,42
<b>FLYSPEC SO<sub>2</sub> (т/день)</b>			
		100	
	387	85	
	264	207	

Данные измерения FLYSPEC в 2009г. находятся в обработке. Сравнивая данные по измерению эмиссии SO<sub>2</sub> с другими вулканическими газовыми измерениями, сейсмическими, геодезическими, и петрологическими данными, мы, возможно, сможем выделить газовые составляющие, управляющие основными магматическими системами вулкана Безымянный.

## О МАЛОГЛУБИННОМ ПЕРИФЕРИЧЕСКОМ ОЧАГЕ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ

Хубуная С.А.<sup>1</sup>, Гонтовая Л.И.<sup>1</sup>, Москалева С.В.<sup>1</sup>  
Соболев А.В.<sup>2</sup>, Батанова В.Г.<sup>2</sup>, Кузьмин Д.В.<sup>3</sup>, Кузьмина О.Б.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Институт геохимии и аналитической химии им В. И. Вернадского РАН*

<sup>3</sup> *Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН*

С 7 сентября по 2 октября 1994 г – происходило сильное вершинное извержение вулкана Ключевской. Наиболее значимыми особенностями этого извержения являются отсутствие длительной глубинной сейсмической подготовки перед его началом и сильная плининская стадия в конце извержения. Состав вулканических продуктов был значительно дифференцирован. Извержение началось с выбросом шлаковых лапилли андезибазальтов ( $\text{SiO}_2=55 - 56\%$ ), а закончилось извержением пирокластических потоков высокоглиноземистых базальтов ( $\text{SiO}=52 - 53$ ). Подобные дифференцированные продукты вулканической деятельности в вершинных извержениях вулкана Ключевской наблюдаются впервые.

Изучение природных закаленных стекол расплавных включений в оливинах начального этапа извержения показало, что они также дифференцированы по составу: от высокоглиноземистых базальтов до андезитов. Концентрации летучих компонентов S и Cl в закаленных стеклах включений резко убывают с уменьшением магнезиальности оливина (минерала-хозяина).

Специальные минералогические исследования проведенные с базальтами и андезибазальтами начального и конечного этапов извержения 1994 г. показали, что составы пород и минералов обоих этапов, также сильно различаются.

Лавы и шлаки начального этапа извержений – типичные высокоглиноземистые андезибазальты, характерные для всех вершинных извержений вулкана, с низкомагнезиальными клинопироксенами и оливинами (Fo 79 – 65), с включениями титаномагнетитов.

Лавы конечной стадии извержения, опробованные из глыб и обломков лав пирокластических потоков отличаются от андезибазальтов присутствием многочисленных гомеогенных включений (плагноклазовые и магнетитовые кумулаты) и фенокристаллов «неравновесных» высокомагнезиальных пироксенов и оливинов (Fo 91 – 85), с включениями, хромистой шпинели.

Анализ приведенного материала свидетельствует, что под конусом вулкана может располагаться расслоенная магматическая камера. В начале извержения 1994 г магма поступала из верхней апикальной части камеры, а в заключительную, плининскую фазу извержения в результате мощного взрыва была захвачена магма из нижней части периферического промежуточного очага.

Приведенные данные о существовании магматической камеры под конусом вулкана Ключевской согласуются с результатами структурных сейсмологических и гравиметрических исследований. Так, в скоростной модели, построенной методом сейсмической томографии, под Ключевской группой вулканов выявлен прогиб фундамента со значительно пониженными значениями скорости продольных и поперечных волн в интервале глубин 0-7км; интенсивность аномалия  $V_p$  в пределах этой зоны достигает 15%. Полученные сейсмические данные не противоречат возможности присутствия в пределах выявленной области периферического очага. В результате гравитационного моделирования проведенного на вулкане Ключевской в 90-ые годы под его конусом на глубине 0-5 км выделена зона низкой плотности (2,5 г/см<sup>3</sup>), которую также можно связывать с периферическим магматическим очагом диаметром около 10 км.

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА ХОМИНГА ТИХООКЕАНСКОГО ЛОСОСЯ

Яроцкий Г.П.

Хоминг – чувство родной реки присущ анадромным тихоокеанским лососям. Природа обеспечила их этим чувством с тем, чтобы они не только, не потерялись в пространстве мирового океана по пути к родине, но и нашли свою реку, в которой родились. Современная ихтиология не имеет объяснения этому свойству организма лосося. Немногочисленные публикации последних 30 лет склоняются к хеморецепторной гипотезе механизма хоминга, относя это его свойство к водам нерестовых рек. Ранее (1998 г.) мы связывали это с особенностями гидрохимии вод рек, которые обладают химической памятью о вещественном составе геологического субстрата берегов и дна. В настоящее время учение о химической памяти получило столь широкое развитие, что аргументировано можно говорить о рецепторно-информационной системе общения организма с окружающей средой.

Установлено, что вещественный состав субстрата нерестовых рек в Корякско-Камчатском регионе делится на две принципиально разные группы: безугольные и угольные. Ими обусловлена статистически доказанная нами связь продуктивности нерестовых рек: наивысшая – с углистыми, и минимальная – с безугольными. Из 140 нерестовых рек 75 – «угольные», дающие 65% общего вылова. В эту группу рек включены также реки, дренирующие породы с рассеянным углистым веществом. Степень продуктивности растёт обратно пропорционально степени метаморфизма углистого вещества, т.е. зависит от возраста. Она минимальна для углисто-глинистых пород и каменных углей и максимальна для молодых плиоценовых бурых углей.

Безугольный субстрат представлен базальтами, андезибазальтами, вулканогенно-кремнистыми и вулканогенно-осадочными породами, лишёнными органических ископаемых веществ. Угольный субстрат представлен каменными и бурыми углями, углисто-глинистыми породами, лигнитами. Бурые угли содержат до 60% ископаемых органических кислот и полный набор микро- и макробиогенов.

Кайнозойская эпоха угленакопления простирается через весь регион, а углесодержащие породы образовались из растительности на разных геологических субстратах. Во время угленакопления они подверглись пеплопадам вулканов, после образования отложений – вулканическим инъекциям (дайки, пластовые интрузии, растворы и т.п.). И каждый раз в породы вносился некий геохимический маркер – индикатор вулканизма.

Маркер переходит в химическую память вод рек, в которых зародилась биологическая лососёвая система. Из воды он переходит в геном рыб и закрепляется в механизме хоминга. Хоминг многократно усиливается, как пишут ихтиологи, при подходе к берегам, вследствие восприятия половыми гормонами рыб при созревании гонод. При подходе к водам родной реки рыба готовится к нересту и в её нервной системе мобилизуются рецепторы, настроенные на геохимический маркер.

Приведённая гипотеза в ихтиологической науке нами не встречена.