

Российская Академия Наук  
Дальневосточное отделение  
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

---



# Вулканизм и связанные с ним процессы

**традиционная региональная  
научная конференция, посвященная  
Дню Вулканолога**

**Тезисы докладов**

Петропавловск-Камчатский  
30 марта – 1 апреля 2011 г.

# Оглавление

---

## Секция I

Современный и четвертичный вулканизм: общие вопросы,  
петрология, петрохимия, механизмы и прогноз извержений.  
Кальдеры.

АДАКИТЫ И МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ АНДЕЗИТЫ В СУБДУКЦИОННОЙ СИСТЕМЕ КАМЧАТКИ Авдейко Г.П., Палуева А.А.....	10
СОСТАВЫ ПЕПЛА ИЗВЕРЖЕНИЯ КОРЯКСКОГО ВУЛКАНА 2009–2010 ГГ. Аникин Л.П., Вергасова Л.П., Максимов А.П., Овсянников А.А., Чубаров В.М.....	11
ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА В МИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОДАХ СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ Волынец А.О., Вёрнер Г.....	13
СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ В РАЙОНЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2008–2010 ГГ. Гарбузова В.Т., Соболевская О.В.....	14
АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ В 2010 Г. Гирина О.А., Маневич А.Г., Ушаков С.В., Демянчук Ю.В., Нуждаев А.А., Мельников Д.В., Коновалова О.А.....	15
ТЕРМОБАРОМЕТРИЯ АМФИБОЛОВ ЛАВ МОЛОДОГО ШИВЕЛУЧА: К ПРОБЛЕМЕ СТРОЕНИЯ ПИТАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВУЛКАНА Н.В.Горбач, М.В. Портнягин.....	16
СОСТОЯНИЕ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ СЕВЕРНОЙ КАМЧАТКИ ПО ДАННЫМ АЭРОСЪЕМОЧНЫХ ОБЛЕТОВ 2010 Г. Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В., Сокоренко А.В., Демянчук Ю.В.....	17
О СТРОЕНИИ ПАЛЕОКАЛЬДЕР СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЛХАШЬЯ (КАЗАХСТАН) Делемень И.Ф.....	18
РАННЕГОЛОЦЕНОВЫЙ ВУЛКАНИЗМ В РАЙОНЕ МАССИВА КЕКУКНАЙСКИЙ Дирксен О.В., Базанова Л.И.....	19
ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН ПО ДАННЫМ ИК-СЪЁМКИ Дрознин В.А., Дубровская И.К., Муравьёв Я.Д., Чирков С.А.....	20
ВУЛКАНИЧЕСКОЕ ДРОЖАНИЕ КАК ПРЕДВЕСТНИК ВЕРШИННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА И ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА ДРОЖАНИЯ Иванов В.В.....	21
ЕЩЁ РАЗ О «МАНТИЙНЫХ» КСЕНОЛИТАХ Колосков А.В.....	22

ВЫДЕЛЕНИЕ НОВОЙ КАЛЬДЕРЫ НА КАМЧАТКЕ: ГРАНИЦЫ, ВОЗРАСТ, КОМПЛЕКС ВНУТРИКАЛЬДЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ Леонов В.Л., Rogozin A.H., Биндеман И.Н., Кувикас О.В., Кляпицкий Е.С.....	23
ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ 1990 ГОДА АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА КИЗИМЕН: ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗА Мелекесцев И.В., Мельников Д.В.....	24
ОСОБЕННОСТИ И ПАРАМЕТРЫ ЭРУПТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА КИЗИМЕН ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ Мельников Д.В.....	25
ТЕФРА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В ДЕКАБРЕ 2010 – ФЕВРАЛЕ 2011 ГГ. Овсянников А.А., Малик Н.А.....	26
КЛАССИФИКАЦИОННАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МАГМАХ ОСНОВНОГО-УЛЬТРАОСНОВНОГО СОСТАВОВ Пономарев Г.П., Пузанков М.Ю.....	27
ВУЛКАНЫ БЕЗЫМЯННЫЙ, ШИВЕЛУЧ И СЕНТ-ХЕЛЕНС: ЕЩЕ РАЗ О СРАВНИТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ИХ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ В XX ВЕКЕ Слезин Ю.Б.....	28
НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЭКСПЛОЗИВНЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ Фирстов П.П., Махмудов Е.Р., Чебров В.Н.....	29

## Секция II

Геодинамика зоны перехода океан-континент:  
геофизические исследования в областях современного  
и четвертичного вулканизма, природные катастрофы.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ (В РАЙОНЕ КАМЧАТКИ) Гонтовая Л.И., Гордиенко В.В.....	31
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЭПОХИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ НА КАМЧАТКЕ В ГОЛОЦЕНЕ Дирксен В.Г.....	32
ДИНАМИКА ПОБЕРЕЖИЙ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ НА ПРИМЕРЕ О. МАТУА (СРЕДНИЕ КУРИЛЫ) Кравчуновская Е.А., Макиннесс Б.Т.....	33
МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ВКРЕСТ ТОЛБАЧИНСКОГО ДОЛА Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А., Абкадыров И.Ф., Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Воропаев П.В.....	34
СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ РАЙОНА АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ Мороз Ю.Ф.....	35

АНОМАЛИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И  
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ НА КАМЧАТКЕ В СВЯЗИ С  
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

**Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А.....36**

О КЛЮЧЕВОЙ РОЛИ ОБЩЕПЛАНЕТАРНЫХ РИТМОВ СЕЙСМИЧНОСТИ ПРИ  
ПОДГОТОВКЕ СИЛЬНЕЙШИХ МИРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: КАМЧАТСКОГО  
( $MW = 9.0$ , 1952 Г.), ЧИЛИЙСКИХ ( $MW = 9.5$ , 1960 Г. И  $MW = 8.8$ , 2010 Г.),  
АЛЯСКИНСКОГО ( $MW = 9.2$ , 1964 Г.) И СУМАТРИНСКОГО ( $MW = 9.1$ , 2004 Г.)

**Широков В.А., Широкова Н.В.,.....37**

### Секция III

Современные гидротермальные системы: геотермия, геохимия,  
постмагматические процессы.  
Вулканогенное рудообразование.  
Новые методы исследования и оборудование.

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ НИЖНЕ-  
КОШЕЛЕВСКОГО ПАРОДОМИНИРУЮЩЕГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

**Абкадыров И.Ф., Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А., Рылов Е.С., Феофилактов С.О....39**

ГЕЙЗЕР: ОПРЕДЕЛЕНИЕ И МЕХАНИЗМ (К 70-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ ДОЛИНЫ  
ГЕЙЗЕРОВ НА КАМЧАТКЕ)

**Дрознин В.А.....41**

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОШЕЛЕВСКИХ  
ПАРОГИДРОТЕРМ

**Калачева Е.Г.....42**

К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ОБРАЗЦОВ ПРИРОДНЫХ ВОД И ВЫТЯЖЕК ИЗ  
ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА АТОМНО-АБСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ С ЭЛЕКТРО-  
ТЕРМИЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИЕЙ ПРОБ

**Карташева Е.В., Кузьмина А.А.....43**

3D ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО  
СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ  
(ДО ОПОЛЗНЯ 3.06.2007)

**Кирюхин А.В., Рычкова Т.В., Дубровская И.К.....44**

О МЕХАНИЗМЕ АНОМАЛИЙ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА  
САМОИЗЛИВАЮЩИХСЯ СКВАЖИН, ВЫЗВАННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ И  
ВУЛКАНИЧЕСКИМИ АКТИВИЗАЦИЯМИ

**Копылова Г.Н., Болдина С.В., Сизова Е.Г.....45**

О СВЯЗИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ  
МУТНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАРОГИДРОТЕРМ С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ  
ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА

**Магуськин М.А., Делемень И.Ф., Двигало В.Н.....47**

ОЦЕНКА ДОЛИ МЕТЕОРНОЙ ВОДЫ В ГАЗАХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ МУТНОВСКОЙ ГЕОЭС	
<b>Максимов А.П., Фирстов П.П., Чернев И.И., Шапарь В.Н.</b>	<b>48</b>
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СОВРЕМЕННЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ ГИДРОТЕРМАХ КАМЧАТКИ	
<b>Николаева А.Г., Алехин Ю.В., Карпов Г.А.</b>	<b>49</b>
НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОВЕДЕНИИ РТУТИ В ЗОНЕ ГИПЕРГЕНЕЗА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)	
<b>Нуждаев А.А., Рычагов С.Н., Степанов И.И.</b>	<b>51</b>
НОВОЕ В МИНЕРАЛОГИИ ВУЛКАНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА КОНТИНЕНТ ОКЕАН	
<b>Округин В.М., Чубаров В.М., Москалева С.В., Философова Т.М., Округина А.М., Андреева Е.Д., Ким А.У., Пузанков И.М., Шишканова К.О., Буханова Д.С.</b>	<b>52</b>
НОВАЯ ТЕКТОНОМАГМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ТЕЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ШАНУЧ»	
<b>Распопин М.С., Викулин А.В.</b>	<b>53</b>
МИГРАЦИЯ КАТИОНОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ГЛИНАХ: К ВОПРОСУ О КРИТЕРИЯХ МЕТАЛЛОНОСНОСТИ ГАЗО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ФЛЮИДОВ	
<b>Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Ковина О.В., Сергеева А.В., Соколов В.Н., Чернов М.С., Щегольков Ю.В.</b>	<b>54</b>
ОТЛОЖЕНИЯ «ГЛУБИННЫХ ВОД» ИЗ СКВАЖИН МУТНОВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	
<b>Чернев И.И., Округин В.М., Округина А.М., Косоруков В.Л.</b>	<b>55</b>

### Секция стендовых докладов

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ МИГРАЦИИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ОТ ИХ ЭНЕРГИИ (ОБЪЕМА ВЫБРОШЕННОГО МАТЕРИАЛА)	
<b>Акманова Д.Р., Викулин А.В.</b>	<b>57</b>
ВЗАИМОСВЯЗЬ КРИОЛИТОЗОНЫ С ИЗВЕРЖЕНИЯМИ ВУЛКАНОВ И СОСТОЯНИЕМ ИХ ОКРЕСТНОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ (КАМЧАТКА)	
<b>Андреев В.И., Кляпицкий Е.С.</b>	<b>58</b>
НАКЛОНОМЕРЫ APPLIED GEOMECHANICS НА КАМЧАТКЕ	
<b>Бахтиаров В.Ф.</b>	<b>59</b>
СВЕТОДАЛЬНОМЕР СПЗ НА МИШЕННОЙ В 2008–2011 ГОДАХ	
<b>Бахтиаров В.Ф., Мирошников В.М.</b>	<b>60</b>
ФИЗИКО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ГЛИН ВОСТОЧНОГО ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ ПАУЖЕТСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	
<b>Богатко Н.П., Карташева Е.В., Дунин-Барковский Р.Л.</b>	<b>61</b>

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ О. ПАРАМУШИР	
<b>Бойкова И.А.</b> .....	<b>62</b>
К ПРОБЛЕМЕ ЧЁРНОГО МОРЯ	
<b>Васильев Г.Ф., Аникин Л.П., Дунин-Барковский Р.Л., Дядин В.И., Мушинский А.В.</b> .....	<b>63</b>
КО ДНЮ ВУЛКАНОЛОГА	
<b>Аникин Л.П., Васильев Г.Ф., Дунин-Барковский Р.Л.</b> .....	<b>65</b>
ПРОБЛЕМА ГЕНЕЗИСА ПЯТНООБРАЗНЫХ ОСВЕТЛЕНИЙ В ПОЧВЕННО-ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ЧЕХЛАХ КАМЧАТКИ	
<b>Гвоздкова А.А., Кравчуновская Е.А.</b> .....	<b>66</b>
МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА ИЗВЕРЖЕНИЙ КАРЫМСКОГО ВУЛКАНА В ПЕРИОД 1996–2010 ГГ.	
<b>Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В., Магуськин М.А.</b> .....	<b>67</b>
ФОТОГРАММЕТРИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗВЕРЖЕНИЯ В КАЛЬДЕРЕ АКАДЕМИИ НАУК. (К 15–ЛЕТИЮ СОБЫТИЙ)	
<b>Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В.</b> .....	<b>68</b>
ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ: ВУЛКАН ЖУПАНОВСКИЙ	
<b>Дрознин В.А., Дубровская И.К.</b> .....	<b>69</b>
НАЧАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПЕПЛОВ НЕКОТОРЫХ МАРКИРУЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ КАМЧАТКИ С ЦЕЛЬЮ ИХ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ	
<b>Зубов А.Г.</b> .....	<b>70</b>
РИТМИКА ИЗВЕРЖЕНИЙ НА КЛЮЧЕВСКОМ ВУЛКАНЕ В XX-НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЙ И ВОПРОСЫ ПРОГНОЗА ЕГО АКТИВНОСТИ	
<b>Иванов В.В.</b> .....	<b>71</b>
ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	
<b>Ившин В.М., Ившина Е.В.</b> .....	<b>73</b>
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХНЕ-ЮРЬЕВСКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ (О.ПАРАМУШИР)	
ПОВЕДЕНИЕ МАРГАНЦА В ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ И ОСАДКАХ ИЗ НИХ В РАЙОНЕ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)	
<b>Карданова О.Ф., Сергеева С.В., Карташова Е.В.</b> .....	<b>75</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ СЕЙСМОСТАНЦИИ «КИЗИМЕН», СОПРОВОЖДАЮЩИХ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ НА ВУЛКАНЕ КИЗИМЕН В ДЕКАБРЕ 2010 – ФЕВРАЛЕ 2011 ГГ.	
<b>Кожевникова Т.Ю.</b> .....	<b>77</b>
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИПОЦЕНТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РАЙОНЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН МЕТОДОМ ПОЛЯРИЗАЦИИ СИГНАЛОВ СЕЙСМОСТАНЦИИ «KZV» В 2010 – 2011ГГ.	
<b>Кожевникова Т.Ю., Шакирова А.А.</b> .....	<b>78</b>

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНА ЭБЕКО (СЕВЕРНЫЕ КУРИЛЫ)	
Котенко Т.А., Котенко Л.В.....	79
УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ НОВООБРАЗОВАННОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В КАЛЬДЕРЕ АКАДЕМИИ НАУК	
Кузьмин Д.Ю.....	80
ОЦЕНКА ПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ СРЕДЫ ПО ИМПУЛЬСАМ СЛАБЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КОНУСЕ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ	
Лемзиков М.В.....	81
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ ЗА ЗИМНИЙ СЕЗОН 2009–2010 ГГ.	
Маневич А.Г., Маневич Т.М., Овсянников А.А.....	82
ИЗУЧЕНИЕ ФУМАРОЛЬНЫХ МИНЕРАЛОВ ИЗОМОРФНОГО РЯДА ГАЛОТРИХИТ- ПИККЕРИНГИТ МЕТОДОМ ИКС	
Назарова М.А., Вергасова Л.П.....	83
РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОРАДАРНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ РАЙОНА Г.ТАРБАГАНЬЯ (МУТНОВСКО-ГОРЕЛОВСКАЯ ГРУППА ВУЛКАНОВ, КАМЧАТКА)	
Павлова В.Ю., Топчиева О.М.....	84
УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ ЮЖНОЙ ГРАНИЦЫ КАЛЬДЕРЫ КАРЫМШИНА (КАМЧАТКА)	
Рогозин А.Н., Леонов В.Л.....	85
ГЕОХИМИЯ МИОЦЕНОВЫХ ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ ИЗ СКВАЖИНЫ НА КРОНОЦКОМ ПЕРЕШЕЙКЕ	
Савельев Д.П., Карташева Е.В.....	86
МИНЕРАЛЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЧВЕННО- ПИРОКЛАСТИЧЕСКОГО ЧЕХЛА ЗАПАДНО-КОШЕЛЕВСКОГО ВУЛКАНА (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)	
Сандмирова Е.И.....	87
ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИЙ В РАЙОНЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ ПО ДАННЫМ GPS МОНИТОРИНГА	
Сероветников С.С., Титков Н.Н., Сеньюков С.Л.....	89
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ СИНЕЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ КАМЧАТКИ	
Тембрел Е.И., Демина Л.Л.....	90
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ БЛИЗКОРАСПОЛОЖЕННЫХ ЛИТОСФЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	
Уваров В.Н., Дружин Г.И., Санников Д.В.....	91
ОТРАЖЕНИЕ В ДИНАМИКЕ ПОЧВЕННОГО РАДОНА НА ПЕТРОПАВЛОВСК- КАМЧАТСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ ПОСЛЕДНЕЙ СТАДИИ ПОДГОТОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С $M > 5.5$ РАЙОНА АВАЧИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ	
Фирстов П.П., Макаров Е.О., Малышева О.П.....	92

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРИРОДНОМ ПАРКЕ  
«НАЛЫЧЕВО» (КАМЧАТКА) В 2010 ГОДУ

**Фирстов П.П., Рашидов В.А., Мельникова А.В., Андреев В.И.,  
Шульженкова В.Н.....93**

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВУЛКАНА  
КРАШЕНИННИКОВА (О. ПАРАМУШИР)

**Хубаева О.Р., Бойкова И.А., Николаева А.Г.....94**

О ПЛАНЕТАРНОЙ ПРИРОДЕ АНОМАЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ И  
ПЕПЛО-ГАЗОВОЙ АКТИВНОСТИ КОРЯКСКОГО ВУЛКАНА В АВГУСТЕ 2009 Г.

**Широков В.А., Дубровская И.К.....95**

## **Секция I**

**Современный и четвертичный вулканизм: общие вопросы, петрология, петрохимия, механизмы и прогноз извержений. Кальдеры.**

## АДАКИТЫ И МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ АНДЕЗИТЫ В СУБДУКЦИОННОЙ СИСТЕМЕ КАМЧАТКИ

**Авдейко Г.П., Палуева А.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Вулканизм в островных дугах и активных окраинах со стационарным режимом субдукции характеризуется формированием пород известково-щелочной и толеитовой серий в большинстве случаев с отчетливой поперечной зональностью. Их образование связывается с плавлением перидотита мантийного клина, метаморфизованного флюида из поддвигаемой океанической плиты, что соответствует петрологическим наблюдениям и данным по плавлению в определенных Р-Т условиях и температурными моделями зон субдукции. Они характеризуются обогащением литофильными элементами с большими ионными радиусами и истощением высокозарядными элементами (Ti, Nb, Ta).

Начиная с работы (Кау, 1978) стали появляться данные о том, что в некоторых случаях возможно плавление океанической коры поддвигаемой плиты. Адакиты – сравнительно новый термин, предложенный (Defant, Drummond, 1990) для пород, образовавшихся путем прямого плавления базальта, молодой (моложе 25 млн. лет) и сравнительно горячей субдуцируемой океанической плиты. Затем были получены данные о возможности плавления базальтов более древней плиты в определенных геодинамических условиях, обеспечивающих разогрев верхней части поддвигаемой плиты. Это и косая субдукция, и выполаживание зоны субдукции, и образование субдукционного окна, и плавление головной части субдуцируемой плиты на контакте с более горячей астеносферой.

Первые сведения о возможности образования адакитов на Камчатке (в р-не р. Валоваям) содержатся в работе (Кеpezhinskas et al. 1996), а первые находки магнезиальных андезитов адакитового типа были сделаны на полуострове Камчатский мыс (Волынец и др., 1998). В дальнейшем появились данные о находках адакитов на Восточной Камчатке (Hoernle et al, 2009) на юге Центральной Камчатской депрессии (Перепелов и др. 2010), и на вулк. Шивелуч (Ferlito, 2010). Все эти находки, за исключением р-на р. Валоваям, связаны с субдукцией древней (более 60 млн. лет) холодной океанической коры и для её плавления, в соответствии с экспериментальными данными (Reacock et al., 1994), требуется дополнительный разогрев. Характерно, что магнезиальные андезиты находятся в ассоциации с породами внутриплитного геохимического типа (HNB), что свидетельствует об их генетическом или парагенетическом родстве.

Условия образования магнезиальных андезитов адакитового типа рассматриваются нами на фоне геодинамической эволюции двух разновозрастных зон субдукции с учетом их приуроченности к зоне перескока субдукции в конце миоцена на современное положение. Дополнительный разогрев происходит в головной части новообразованной современной зоны субдукции под Восточную Камчатку на контакте с горячей астеносферой. В пределах Камчатско-Алеутского сочленения (дайки п-ова Камчатский мыс, вулк. Шивелуч) происходит формирование субдукционных окон, края которых так же получают дополнительное тепло на контакте с горячей астеносферой. Формирование адакитов р-на р. Валоваям происходит за счет плавления молодой, горячей плиты Командорской котловины.

## СОСТАВЫ ПЕПЛА ИЗВЕРЖЕНИЯ КОРЯКСКОГО ВУЛКАНА 2009–2010 ГГ.

**Аникин Л.П., Вегасова Л.П., Максимов А.П., Овсянников А.А., Чубаров В.М.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

С целью анализа характера и механизма последней активизации Корякского вулкана был проведен комплекс исследований пеплов данного извержения. Изучен химический, минералогический и гранулометрический состав пеплов.

**Гранулометрический состав пеплов** характеризуется чрезвычайной тонкозернистостью. В пепле, отобранном ~ в 2-х км от центра извержения, практически отсутствуют частицы крупнее 0.5 мм и резко преобладает фракция < 0.063 мм. В то же время распределение фракций по размерности характеризуется бимодальностью, т.к. небольшой максимум наблюдается в области 0.125–0.25 мм.

По валовому **химическому составу** пеплы отвечают андезито-базальтам – андезитам. Однако этот вывод носит формальный характер, т.к. пеплы имеют смешанное происхождение, как показало изучение их минералогии. Особенностью состава пеплов является высокое содержания в них серы (> 2 %).

**Минералогический состав пеплов** изучался визуально под бинокляром, на микрозонде и рентгеновским методом. Он отличается крайним разнообразием. Визуально под бинокляром обнаружены обычные магматические минералы: пироксены (преобладают среди темноцветных), плагиоклаз, магнетит, а также широкий набор аксессуарных минералов. В пробе пепла, отобранной 4 марта, после сепарации тяжелых фракций были обнаружены: барит, сфен, циркон, рутил, корунд, гранат, пирит, ильменит, шпинель, муассанит, апатит. Примечательно обилие кристаллов циркона, образующего две генерации, различающихся по форме и цвету. Корунд встречается также в виде разновидностей синего и розового цвета и часто имеет хорошую огранку. Среди зерен граната обнаружены пиральспит и разновидности андрадита, демантоид и топазолит. Кроме того, в пеплах присутствуют многочисленные светло-серые пористые зерна, пемзовидного облика. Частиц бесцветного кислого стекла сферолитовой текстуры, описанных в пеплах извержения Корякского вулкана в 1957 г., не обнаружено. Под бинокляром обращает на себя внимание обилие частиц измененных пород белесого, серого, до черного облика, сложенных минералами кремнезема, обогащенных дисперсной, тонкозернистой фазой сульфидов железа (пирита).

На микрозонде определены: OL (Fo<sub>77-82</sub>, ср. Fo<sub>73</sub>), OPx (En<sub>60-72</sub>, ср. En<sub>66</sub>), CPx (En<sub>39-51</sub>, ср. En<sub>41</sub>), Pl (An<sub>38-74</sub>, ср. An<sub>56</sub>), Mt (сильно варьирует по составу), ильменит, отдельные зерна глиноземистой шпинели, калиевый полевой шпат, анортотлаз, гранаты, варьирующие по составу, сфен, рутил, кварц, стекло. Составы стекол заключены в интервале 60–80% SiO<sub>2</sub> и весьма существенно варьируют по остальным компонентам. Обнаружены также зерна кремнезема с низкими суммами, вероятно из-за высоких содержаний воды. Методом порошковой дифрактометрии определены анортотлаз, а также гипс, кристобалит, марганцевый клинопироксен, оливин и, вероятно, сульфиды железа (пирит).

**Природа активизации вулкана.** Особенности гранулометрического, химического и минералогического состава указывают на резургентную и смешанную природу пеплов. Они представлены смесью минералов магматического и, в значительной степени, гидротермального генезиса. Отсутствие в пеплах частиц свежего стекла, наличие минералов, присущих гидротермальным образованиям, и визуальные наблюдения указывают на то, что данное извержение непосредственно не связано с магматическим процессом. Согласно классификации В.В. Иванова, данное извержение относится к типу гидротермальных трещинных. Их возникновение связывается с поступлением на поверхность по тектоническим трещинам перегретых подземных вод, возникающим в районах интенсивной сейсмической и вулканической деятельности. Непосредственной причиной извержения могли послужить как (1) региональная тектоническая активизация, усилившая доступ подземных вод к в зону прогрева очага Корякского вулкана, так и (20) образование новых контракционных трещин в кровле очага, вызванные его остыванием.

## ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА В МИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОДАХ СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ

**Волынец А.О.<sup>1</sup>, Вёрнер Г.<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> *Geowissenschaftliches Zentrum, Georg-August-Universität Göttingen, Germany*

Опубликованные исследования изотопного состава кислорода в вулканических породах характеризуют Камчатку как регион с исключительно широкими вариациями  $\delta^{18}\text{O}$  (Bindeman et al., 2004, 2005; Dorendorf et al., 2000; Pokrovsky and Volynets, 1999; и др.). В качестве источника тяжелых изотопов кислорода рассматривают флюид, отделяющийся от пододвигаемой плиты (Dorendorf et al., 2000), плавление осадка и/или контаминацию корового материала, в зависимости от других петрологических характеристик породы (Bindeman et al., 2005). В настоящей работе представлены данные по изотопному составу кислорода в породах Срединного хребта. В исследование были включены четвертичные породы вулкана Алней, Седанкинского дола, Кекукнайской зоны моногенного вулканизма, моногенные конуса р.Правая Озерная, Тобельцен и Ныльгимелкин, также как и миоцен-плиоценовые платобазальты р.Правая и Левая Озерная, Двухъярточного плато и хребта Крюки. Для анализа были отобраны чистые от включений расплава и шпинели зерна оливина. Значения  $\delta^{18}\text{O}$ , измеренные в оливинах, колеблются от 5.47 до 7.78 ‰, что соответствует рассчитанным значениям 6.80–8.59 ‰ в магме ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{melt}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{olivine}} + 0.088 \cdot \text{SiO}_2 - 3.57$ ) (Bindeman et al., 2004), что значительно выше мантийных значений ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{olivine}} \sim 5\text{--}5.5\text{‰}$ ). Корреляции с возрастом исследуемых пород отсутствуют – оливины с тяжелым кислородом присутствуют как в молодых, так и в более древних породах. Все включенные в исследование породы характеризуются мантийными значениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.7028–0.70336) и нерадиогенным составом свинца (например,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \sim 18.2$ ) (Volynets et al., 2010), что не позволяет связать особенности изотопного состава кислорода с контаминацией корового материала или осадка.

## СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ В РАЙОНЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2008–2010 ГГ.

**Гарбузова В.Т., Соболевская О.В.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

В работе была исследована сейсмичность вулкана Кизимен за период 2008–2010 гг. В 2008 г. регистрировались, как правило, землетрясения с глубины 5–7 км и их количество не превышало фоновый уровень сейсмичности. Вулканическое дрожание не регистрировалось. Визуально на вулкане наблюдалась лишь слабая фумарольная деятельность.

В январе-марте 2009 г. регистрировались только глубокие землетрясения преимущественно с глубины 5–8 км. В период с апреля по июнь 2009 г. было зарегистрировано порядка 167 глубоких и 139 поверхностных событий, что на порядок превысило уровень сейсмичности за предыдущие месяцы. Резкое усиление сейсмичности в районе вулкана началось с 10.07.2009 г. Возросло как количество землетрясений всех типов, так и их энергетический уровень.

В сентябре 2009 г. в районе вулкана была установлена временная сеть из 3-х сейсмических станций. Это позволило уточнить координаты очагов землетрясений из этого района. В это же время была установлена и запущена в эксплуатацию сейсмическая станция «KZV», позволяющая фиксировать и слабые поверхностные события в постройке вулкана.

В 2010 г. высокий уровень сейсмичности в районе вулкана сохранился и даже значительно вырос. В октябре-ноябре наблюдалось увеличение уровня сейсмичности.

В декабре 2010 г. в районе вулкана стали регистрироваться сейсмические сигналы (низкочастотные серии), которые обычно сопровождают такие вулканические процессы, как взрывы и сход пирокластических потоков. Постепенно нарастало количество землетрясений, а так же наблюдалось увеличение энергетического класса событий. Все землетрясения были локализованы в постройке вулкана или на глубинах до 5 км.

Мы предполагаем, что подготовка эксплозивного извержения вулкана Кизимен началась еще в июле 2009 г. и продолжалась до декабря 2010г. На основании анализа сейсмической информации в течение исследуемого периода, сотрудниками лаборатории ИСВА 29 ноября 2010 г. в Камчатский филиал Российского Экспертного Совета (КФ РЭС) было сделано предупреждение о возможном сильном эксплозивном извержении вулкана Кизимен. 10 декабря 2010г. был сделан официальный прогноз, который был передан в КФ РЭС и участникам международного проекта KVERT.

## АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ В 2010 Г.

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

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

На Камчатке 30 действующих вулканов и 4 из них в настоящее время находятся в стадии непрерывного извержения. В 2010 г. произошло пять сильных эксплозивных извержений вулканов Ключевской, Шивелуч, Безымянный, Кизимен, Карымский. Кроме этого, наблюдалась повышенная активность вулкана Горелый.

Ключевской вулкан – один из наиболее продуктивных вулканов мира. Последнее его эксплозивно-эффузивное извержения продолжалось с середины августа 2009 г. до начала ноября 2010 г. Пароксизмальная эксплозивная фаза извержения происходила 22–27 октября 2010 г.: пепловая колонна поднималась до 8–9 км н.у.м., пепловые шлейфы протягивались более 2300 км преимущественно в восточных направлениях от вулкана. Пять лавовых потоков излилось из вершинного кратера на склоны вулкана в процессе этого извержения.

Эруптивная активность вулкана Шивелуч началась в 1980 г. (рост лавового купола) и продолжается до настоящего времени. Сильное пароксизмальное извержение вулкана произошло 27 октября 2010 г.: пепловая колонна поднималась до 12 км н.у.м., пепловые шлейфы распространялись на восток от вулкана более 2500 км. Мощность отложений пепла в п. Усть-Камчатск достигала 4 см. Площадь отложений пирокластического потока превысила 20 кв. км.

Вулкан Безымянный находится в стадии извержения с 1955 г. Пароксизмальная эксплозивная фаза извержения была отмечена 31 мая 2010 г.: пепловая колонна поднималась до 8–10 км н.у.м., пепловые шлейфы протягивались более 250 км на запад и около 160 км на северо-восток; позже пепловое облако перемещалось на юг от вулкана более 600 км.

Эксплозивное извержение вулкана Кизимен началось в начале декабря 2010 г. – спустя 81 год после последнего (1928–1929 гг), хотя повышение сейсмической активности вулкана отмечалось с апреля 2009 г. 12 и 31 декабря 2010 г. пепловые выбросы достигали 10 км н.у.м., пепловые шлейфы распространялись на северо-запад от вулкана на более 500 км. В дальнейшем высота пепловых выбросов не превышала 5–6 км н.у.м., пепловые шлейфы протягивались в различных направлениях от вулкана, пеплопады прошли во всех населенных пунктах, расположенных на западе, северо-западе и юге от вулкана, в том числе в гг. Елизово, Петропавловск-Камчатский. Извержение вулкана продолжается.

Вулкан Карымский находится в состоянии извержения с 1996 г. Наиболее сильные эксплозивные события на вулкане были зарегистрированы 11 июня 2010 г.: пепловые шлейфы протягивались до 196 км на восток от вулкана.

Сильная парогазовая активность вулкана Горелый отмечалась с июня до конца 2010 г. Новая мощная фумарола в Активном кратере вулкана была обнаружена 17 июня. Температура магматического газа, с силой вырывавшегося из устья фумаролы, была около 800–900°C.

## ТЕРМОБАРОМЕТРИЯ АМФИБОЛОВ ЛАВ МОЛОДОГО ШИВЕЛУЧА: К ПРОБЛЕМЕ СТРОЕНИЯ ПИТАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВУЛКАНА

**Н.В.Горбач<sup>1</sup>, М.В. Портнягин<sup>2,3</sup>**

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

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

<sup>3</sup> *Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR, Kiel, Germany)*

Эмпирические оценки физико-химических условий кристаллизации амфиболсодержащих пород представляют известную трудность и часто показывают большие погрешности в сравнении с экспериментальными данными (Ridolfi et al., 2008). Обзор наиболее часто используемых в настоящее время термобарометров приведен в работе (Альмеев и др., 2002).

Для оценки условий кристаллизации лав Молодого Шивелуча был использован новый эмпирический термобарометр и гигрометр (Ridolfi et al., 2009), позволяющий оценить давление, температуру, фугитивность кислорода и содержание H<sub>2</sub>O при кристаллизации амфиболсодержащих известково-щелочных пород, в том числе и гибридного происхождения. Термобарометрические уравнения (Ridolfi et al., 2009) основаны на независимом использовании компонентов состава кальциевых амфиболов (Si\*, Al<sup>T</sup>, Mg\*, <sub>6</sub>Al\*). Si-чувствительный термометр и уравнение для оценки летучести кислорода имеют погрешность ±22 С° и 0.4 log ед, соответственно. Ошибка определения давления составляет 11% у кривой стабильности амфибола, но для низкотемпературных магм с высокой степенью кристалличности увеличивается до 24% и составляет 90 МПа. Погрешность оценки содержания воды в магмах при кристаллизации магнезиальных роговых обманок составляет 0.4 мас.%, для амфиболов гастингситового и паргаситового ряда увеличивается до 15 %.

В докладе приводятся термобарометрические данные, которые были получены по ~250 зернам кальциевых амфиболов (магнезиальная роговая обманка и паргасит) из различных типов лав Молодого Шивелуча: от наиболее примитивных до наиболее дифференцированных разностей, а также пород, которые имеют признаки гибридного происхождения. Расчетные данные (P, T, fO<sub>2</sub>, C<sub>H2O</sub>) обнаруживают хорошую сходимость с результатами, полученными при использовании других методов (например, Humphreys et al., 2006).

Статистическое распределение полученных барометрических данных бимодально и имеет два максимума, отвечающих различным уровням глубинности – 150 ± 25 МПа и 470 ± 46 МПа. Сопоставление распределения коровой сейсмичности (Каталог КФ ГС РАН за 2000–2009 гг.) и расчетных барометрических данных показывает удовлетворительное соответствие и может указывать на два уровня накопления и кристаллизации магм под вулканом, отвечающих близповерхностной магматической камере (H = ~4–6 км) и промежуточному коровому очагу (H = ~12–16 км).

## СОСТОЯНИЕ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ СЕВЕРНОЙ КАМЧАТКИ ПО ДАННЫМ АЭРОСЪЕМОЧНЫХ ОБЛЕТОВ 2010 Г.

**Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В., Сокоренко А.В., Демянчук Ю.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

21–22 ноября 2010 г., впервые за много лет, успешно осуществлен целенаправленный облет активных вулканов Северной Камчатки: Карымского, Малого Семячика, Кизимена, Безымянного, Ключевского и Шивелуча. В процессе облета осуществлена маршрутная плановая и перспективная аэрофотосъемка перечисленных вулканов. Фотограмметрическая обработка аэрофотоснимков показала существенные изменения морфологии и размеров всех отснятых объектов, произошедшие со времени их предыдущих наблюдений. В результате данной работы выполнена количественная и качественная оценка происходивших событий, подготовлены точные графические материалы.

## О СТРОЕНИИ ПАЛЕОКАЛЬДЕР СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЛХАШЬЯ (КАЗАХСТАН)

**Делемень И.Ф.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Девонские кальдеры северного и северо-западного Прибалхашья (Казахстан) представляют большой интерес для их изучения в качестве аналогов современных кальдерных структур. Это вызвано тем, что в отличие от современных, о строении недр которых мы можем предполагать только по геофизическим данным, многочисленные палеокальдеры Прибалхашья хорошо вскрыты эрозией, и кроме того, разбурены скважинами. Длительность посткальдерных этапов развития позволяет использовать данные о развитии палеокальдер для получения важных выводов о возможных путях развития в будущем тектоно-магматических процессов в современных вулканических областях. Локализация в таких структурах гидротермальных руд позволяют лучше понять контролируемую роль кальдерных структур по отношению к гидротермальному процессу. Изучение строения палеокальдер позволяет более уверенно интерпретировать результаты геофизических исследований современных палеокальдер.

В докладе представлены результаты сопоставления опубликованных геолого-геофизических данных о строении резургентных поднятий в четвертичных кальдерах, с результатами полевых исследований автора, выполненных в конце 1970-х – начале 1980-х годов в палеокальдерах Прибалхашья.

Пространственно палеокальдеры рассматриваемого региона приурочены Прибалхашскому девонскому вулканическому поясу и располагаются в пределах блоков, различающихся историей развития, типом коры и парагенезисами магматических формаций. Как правило, кальдеры располагаются в блоках с земной корой орогенического типа, в блоках с корой меньшей мощности кальдер меньше, либо они отсутствуют вовсе. Практически все кальдеры располагаются в центральных частях крупных морфоструктур центрального типа, причем диаметр их в два-три раза превышает диаметр кальдеры. Как правило, такие морфоструктуры относятся к купольному типу. Отмечаются два основных генетических типа кальдер – взрывные и кальдеры оседания, и два морфологических – кольцевые кальдеры и блок-кальдеры. В первом случае вокруг кальдеры отмечаются поля игнимбритов, во втором случае (при достаточной глубине эрозионного среза) вокруг кальдеры располагаются субвулканические тела, возраст которых сопоставима с возрастом кальдеры или несколько моложе. В центральных частях палеокальдер как правило, располагается так называемая «ядерная зона». Чаще всего в такой зоне вскрываются интрузии гранитоидов, однако при небольших эрозионных срезах иногда удается реконструировать вулканические аппараты и даже реликты построек (например, в кальдере Кызыл-Адыр). Внедрение магм различного состава в ядерные зоны продолжалось весьма длительное время. Так, например, в кальдере Кара-Оба в карбоне произошло внедрение основных магм, сформировавших дуговидные дайки основного состава, а в поздней перми – ультракислых гранитных магм, сформировавших Караобинскую интрузию аляскитов. Любопытно, что в смежных кальдерах и на меньших эрозионных срезах для этого периода времени отмечено формирование небольших кислых вулканических аппаратов, т.е. Караобинская интрузия может рассматриваться как аналог кислого магматического очага. Караобинской, Акчатауской и других аляскитовых интрузий, расположенных в ядерных частях кальдер, характерны общие особенности строения и последовательности развития магматизма. Основная фаза становления интрузии представлена внедрениями крупнозернистых гранитов, вторая фаза – небольших тел среднезернистых гранитов, третья фаза – силлов и подводящих даек мелкозернистых гранитов, и завершается процесс внедрением аплитов. Становление каждой фазы было не одномоментным событием, а растянуто во времени. Так, на Караобинском массиве выделяется как минимум 26 событий внедрения средне- и мелкозернистых гранитов.

## РАННЕГОЛОЦЕНОВЫЙ ВУЛКАНИЗМ В РАЙОНЕ МАССИВА КЕКУКНАЙСКИЙ

**Дирксен О.В., Базанова Л.И.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Вулканический массив Кекукнайский расположен на территории Западной Камчатки, в 10 км западнее отрогов Срединного хребта (56°28'44" СШ, 158°01'15" ВД) и представляет собой пологий щитообразный вулкан, увенчанный на вершине крупной кальдерой (Огородов и др., 1972). На внешних склонах располагаются многочисленные шлаковые конуса с лавовыми потоками. Несколько шлаковых конусов находятся непосредственно внутри кальдеры. В некоторых работах этот район интенсивного проявления моногенного вулканизма называют также Долом Геологов (Волынец, 1993). Кроме того, в северо-северо-восточной части внешнего склона вулкана располагается крупный эруптивный центр, г. Яма, имеющий сложный генезис. Все породы этого района, детально описанные в [Колосков и др., в печати], характеризуются повышенной щелочностью и имеют признаки внутриплитного и островодужного геохимических типов.

Проведенные в 2010 году полевые исследования позволили уточнить возраст и параметры извержений некоторых центров в районе массива Кекукнайский, а также получить более полное представление об их строении. Анализ опубликованных данных, а также предварительные результаты полевых работ позволили составить сводную тефрохронологическую шкалу для данного района, использованную для определения возраста голоценовых эруптивных центров.

Было установлено, что за последние 10000 <sup>14</sup>C лет в данном районе произошло 4 извержения. К голоценовым центрам нами отнесены кратер на г. Яма, г. Черная, небольшой шлаковый конус в привершинной части Кекукнайского вулкана (56°30'17" СШ, 158°02'54" ВД) и, возможно, шлаковый конус в 4 км юго-восточнее озера Малое Гольцовое (56°32'33,70" СШ, 158°00'05,35" ВД). Все остальные центры сформировались в позднем плейстоцене. Таким образом, предположения о молодом возрасте эруптивных центров в кальдере вулкана не подтвердились. За исключением центра Яма, вся голоценовая активность была связана с небольшими шлаковыми конусами, высотой 60 – 120 метров. Из двух конусов излились лавовые потоки, длиной 4 – 5 км. Весьма своеобразное строение имеет эруптивный центр г. Яма. Нами установлено, что основной этап деятельности г. Яма имел место в позднем плейстоцене, когда возникли три из четырех кратеров. В одном из них, также в плейстоцене, вырос крупный экструзивный купол риолитового состава, высотой более 200 метров. Последнее, уже голоценовое, извержение, частично разрушило этот купол, в результате сформировался крупный эксплозивный кратер.

Пеплы все центров, за исключением последнего шлакового конуса, обнаружены в почвенно-пирокластических чехлах района, в их нижней части, ниже горизонта маркирующего пепла ХГ (6900 <sup>14</sup>C л.н.), что ограничивает возраст этих извержений временным диапазоном 7000 – 10000 <sup>14</sup>C л.н. На лавовых потоках последнего из четырех центров лежит полный голоценовый чехол, хотя его тефры в разрезах обнаружить не удалось. Однако исключительная свежесть облика лавового потока, особенности форм микрорельефа (шлаковидная корка на поверхности, отсутствие следов ледниковой экзарации ит.п.) позволяет предположить, что его возраст близок к границе голоцена (около 10000 <sup>14</sup>C лет), таким образом этот центр является самым древним из голоценовых центров.

Установленные временные рамки последней активизации вулканизма в данном районе (7000 – 10000 <sup>14</sup>C л.н.) совпадают с одной из сильнейших вспышек вулканической активности в пределах восточной и центральной Камчатки, выделенном в [Мелекесцев и др., 2003, Дирксен, 2009], свидетельствуя о общекамчатском характере этого пароксизма. Обнаруженные голоценовые центры, чьи породы имеют внутриплитные геохимические характеристики, позволяют отнести данный район к немногим на Камчатке, где в голоцене извергались породы внутриплитного типа.

## ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН ПО ДАННЫМ ИК-СЪЁМКИ

**Дрознин В.А., Дубровская И.К., Муравьев Я.Д., Чирков С.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

ИК-съёмка выполнялась тепловизором ThermoCam SC 640 в 3-х полётах вертолёт Ми-8 при различных состояниях (фазах активности) вулкана:

2009.07.25 – до извержения при сейсмической активизации;

2010.11.20 – во время парогазовая активность из множественных выходов, образованных на вершине 2010.11.11;

2011.01.26 – в процессе извержения, когда эксплозии, начавшиеся 2010.12.9, формировали пепловый шлейф и отложения пирокластических потоков.

Изначально предполагалось, что активизация вулкана предвещает катастрофическое извержение по (Мелекесцев и др., 1992). Обнаружение на вершине вулкана экструзивной столбчатой отдельности и наличие юго-западного жёлоба, образованного предыдущими извержениями, указывали на возможность извержения с существенно меньшей энергией, сходным с последним извержением 1928–1929 гг.

Извержение характеризуется прерывистым поступлением на поверхность автоэксплозивным материалом, формирующим пирокластические потоки и пепловые тучи над ними. Паро-газовая эмиссия из кратера, формирующая шлейф извержения, непрерывна. При усилении интенсивности поступления материала одновременно с паро-газовым над кратером образуется пепловый шлейф, объединяющийся с паро-газовым.

Радиационная температура фумаролы 2009.07.25 больше верхнего предела измерения – 150°C; 20.11.2010 – 170°C. Максимальное значение радиационной температуры выходов, образовавших на вершине, фиксируемых сквозь пар, – 135°C

Термоизображения юго-восточного склона показывают, что пирокластические потоки спускаются по трём кулуарам, но в основном по желобу, обнаруженному до извержения. Максимальное значение радиационной температуры – 371°C обнаружено не в кратере, а на отложении потока.

При полёте 2011.01.26 наблюдались три эксплозий с формированием пирокластического потока, которые оказались синхронными с сейсмическими событиями, определяемыми Лабораторией исследования сейсмической и вулканической активности КФ ГС РАН как поверхностные сейсмические события.

## ВУЛКАНИЧЕСКОЕ ДРОЖАНИЕ КАК ПРЕДВЕСТНИК ВЕРШИННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА И ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА ДРОЖАНИЯ

**Иванов В.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В Мире насчитывается 538 действующих вулканов, из которых наиболее опасны примерно 180. На них проводится сейсмический мониторинг, который, несмотря на развитие других видов наблюдения, и в настоящее время является основным методом, позволяющим в ряде случаев снизить вулканический риск. Причина взрывоопасности магм – выделение растворенных летучих и их значительное взрывное расширение при подъеме магм к поверхности и снижении давления. Базальтовые и андезитобазальтовые вулканы извергают сравнительно маловязкие магмы, их вершинные извержения происходят по многократно действующему проницаемому центральному питающему каналу и поэтому не предваряются роями вулканических землетрясений. Методов прогнозирования таких извержений пока нет. Перспективно использование непрерывных сейсмических сигналов (вулканического дрожания, ВД) и взрывных вулканических землетрясений, изучению которых до сих пор уделялось недостаточное внимание.

На 17-летнем временном интервале с 1994 по 2010 гг. на необычайно активном андезитобазальтовом Ключевском вулкане исследовались однородные ряды параметров его ВД и взрывных вулканических землетрясений IV типа. В 1984–1986 гг. на этом вулкане анализировались также отношения сейсмической мощности дрожания и тепловой мощности эруптивных струй для разных типов его активности. Выявлены особенности предвестников 6 вершинных извержений и возможная природа предваряющего вулканического дрожания. Получены следующие результаты:

1. Признаками близкого вершинного извержения Ключевского вулкана являются усиление фумарольной активности, появление вулканического дрожания и нарастание его амплитуды, увеличение частоты парогазовых взрывов в центральном кратере вулкана и взрывных вулканических землетрясений IV типа. Два извержения из шести изученных предварялись краткосрочными (за 4–7 суток) предвестниками, остальные четыре извержения – среднесрочными предвестниками (за 2–9 месяцев) до их начала. Различие заблаговременности на 1–1.5 порядка. Малая заблаговременность (4–7 суток) появления предвестников для ряда извержений объясняется тем, что в этом случае за счет более быстрого подъема магмы в питающем канале свободная газовая фаза в ней не успевает всплыть и образовать плотнейшую упаковку пузырьков и стромболианский режим течения внутри канала. При этом генерация заметного предваряющего вулканического дрожания начинается только при подходе магмы к дну центрального кратера.

2. Самая сильная за последние 65 лет пароксизмальная фаза вершинного извержения Ключевского вулкана в 1994 г. предварялась за трое суток быстрым экспоненциальным ростом амплитуды дрожания. При этом амплитуда дрожания почти на порядок была выше, чем при предшествующей стромболианской фазе.

3. ВД и взрывные вулканические землетрясения (сейсмические активизации) на Ключевском вулкане занимают примерно 70% времени 17-летних наблюдений. Всего отмечена 131 активизация и только шесть вершинных извержений. Длительность активизаций распределена по фрактальному степенному закону в интервале от нескольких суток до 1.5 лет. Вершинные извержения происходят во время активизаций продолжительностью более полугода.

4. Мощность дрожания, предваряющего вершинные магматические извержения на Ключевском вулкане на один – два порядка превышает этот параметр при газовых гидротермальных извержениях других вулканов (при одинаковой парогазовой активности и близкой тепловой мощности их струй) и достигает уровня во время стромболианских извержений.

## ЕЩЁ РАЗ О «МАНТИЙНЫХ» КСЕНОЛИТАХ

**Колосков А.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Проблема мантийных ксенолитов время от времени будоражит умы исследователей, главным образом, в связи с решением задачи стратификации литосферной мантии, поскольку базит-гипербазитовые включения в базальтоидах почти безоговорочно рассматриваются в качестве первичного мантийного материала.

Вместе с тем, «мантийные» ксенолиты несут следы сложных вещественных преобразований как следствие переплавления, флюидного и расплавного метасоматоза.

Автором настоящего сообщения были обнаружены многочисленные расплавные включения в шпинелях из ксенолита гарцбургита Авачинского вулкана. Они были гомогенизированы и подробно изучены (Колосков и др., 2001). Состав закалочных фаз этих включений отвечает бонинитовой ассоциации и весьма близок к пикробазальтам («авачитам») Авачинского вулкана. Выявлена стадийность образования и преобразования минералов включений и самого ксенолита. С использованием различных геотермометров установлены температуры минеральных равновесий (с максимумом  $T^{\circ}\text{C} = 1360\text{--}1404$ ), а на основе шпинель-пироксенового геобарометра – предполагаемые значения давления около 10–13 kb. Эти материалы позволяют ставить вопрос об изначально магматогенной природе ксенолитов в обстановке экстремально высоких температур с их последующим твердофазным преобразованием. Существуют представления (Шарапов и др., 2009), что такая экстремальная обстановка создается в результате конвективного прогрева и плавления литосферных пород потоками магматических флюидов. На Камчатке большинство находок ультраосновных ксенолитов связано с вулканитами, характеризующимися повышенной магниальностью и аномально высокой радиогенностью изотопов Sr. Источником дополнительного прогрева и флюидной проработки (привнос радиогенного Sr) могут быть мантийные диапиры.

Ксенолиты гипербазитов в вулканитах широко представлены в составе вулканических поясов как материковой части переходной области океан-континент, так и в островодужных системах. Ксенолит-содержащие вулканиты являются хорошими «трассерами» для выделения структур «вихревого типа», которые рассматриваются в рамках геодинамики мантийных плюмов (Колосков, Аносов, 2006). Сами ксенолиты, в таком случае, являются носителями информации о глубинных процессах происходящих на границе литосферной мантии и поднимающегося мантийного диапира. В этих пограничных зонах происходит существенная ремобилизация мантийного материала – вплоть до его плавления и вторичной метасоматической проработки.

Таким образом, «мантийные» ксенолиты, в большинстве случаев, представляют реанимированный материал как результат взаимодействия мантийного диапира с породами нижних горизонтов земной коры.

## ВЫДЕЛЕНИЕ НОВОЙ КАЛЬДЕРЫ НА КАМЧАТКЕ: ГРАНИЦЫ, ВОЗРАСТ, КОМПЛЕКС ВНУТРИКАЛЬДЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ

**Леонов В.Л., Рогозин А.Н., Биндеман И.Н., Кувикас О.В., Кляпицкий Е.С.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В результате работ, проведенных в 2009–2010 гг. в верховьях рек Авача и Кавыча на Камчатке изучена область распространения и особенности залегания мощной толщи игнимбритов, известных здесь по данным предшествующих геологосъемочных и тематических работ (Государственная геол. карта..., 2000; Шанцер, Краевая, 1980; Егоров, 2009). Выделена новая кальдера, которой мы дали название Верхнеавачинская. Большинство авторов рассматривало данный район как купол, выделяя здесь: Верхнеавачинскую купольно-кольцевую структуру (Шанцер, Краевая, 1980), Авачинско-Кетхойскую зону поднятий (Алискеров, 1980), Авачинско-Ганальский центр эндогенной активности (Егоров, 2009). Никто из предшествующих исследователей кальдеру в данном районе не выделял.

Наши работы показали, что толща игнимбритов в данном районе имеет мощность более 1000 метров, распространена локально, приурочена к крупной округлой в плане впадине, границы этой впадины тектонические, слои игнимбритов и туфов внутри нее залегают практически горизонтально. Был определен возраст двух образцов игнимбритов, заполняющих кальдеру – 5,78 и 5,58 млн. лет. Полученные данные позволяют утверждать, что в рассматриваемом районе расположены остатки древней кальдеры, самой древней из известных на Камчатке. Значительное поднятие территории, тектонические, вулканические и эрозионные процессы в плиоцен-плейстоценовое время привели к тому, что от кальдеры остались лишь фрагменты. Состав игнимбритов, связанных с данной кальдерой, необычен – андезитовый, андезибазальтовый. Объем магмы, выброшенной при образовании кальдеры, оценивается примерно в 400 км<sup>3</sup>.

Выделение описанной выше кальдеры и определение ее возраста ставят много новых вопросов. Почему игнимбриты данного района имеют столь необычный состав – андезитовый и андезибазальтовый? Как они образовались? За счет каких процессов андезибазальтовая магма была насыщена летучими? Могут ли быть многочисленные интрузии данного района, которые хорошо изучены, вскрыты эрозией апофизами крупного магматического очага, из которого произошло извержение игнимбритов? Какие вулканы существовали в этом районе на докальдерном этапе? Что это был за этап эксплозивного вулканизма – верхнемиоценовый? Связан ли этот этап вулканизма с особыми геодинамическими условиями, когда произошел "перескок" дуги (Авдейко и др., 2006)? Ответов на эти и множество других вопросов пока нет. Необходимы дальнейшие работы по изучению этой новой необычной структуры.

## ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ 1990 ГОДА АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА КИЗИМЕН: ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗА

**Мелекесцев И.В., Мельников Д.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Долгосрочный прогноз типа и параметров будущих извержений в Кизимен и связанной с ними вулканической опасности был опубликован в журнале ВиС (№ 4, 1992). Он был дан на основе принципов, специально разработанных для этой цели и использованных при решении аналогичных задач на других вулканах (Melekestsev et al., 1989).

Суть их заключается в выявлении тенденции в динамике вулканической активности, установлении стадии, на которой находится вулкан в настоящее время, и, как следствие этого, в определении характера, а также типа и силы извержений, которые могут произойти именно на современном этапе деятельности конкретного вулкана. Для в. Кизимен эта – вторая половина этапа КЗIV, начавшаяся ~ 1100 л.н. Учитывались и «внешние» факторы, которые могут оказать существенное влияние на ход предстоящих извержений, их тип, параметры и мощность. Для в. Кизимен – морфология современной его постройки и структурная приуроченность к высокоактивной разломной зоне на стыке Щапинского грабена и горста хр. Тумрок.

Было предложено 2 принципиально разных, но равновероятных варианта развития будущей вулканической активности в. Кизимен.

1. Сохранение характера вулканической активности, сходной с таковой за последние 1100 лет, если будет продолжаться этап КЗIV: чередующиеся фреатические и фреатомагматические, слабые до умеренных, извержения + постоянная фумарольная деятельность. Такое извержение может произойти в течение ближайших десятилетий.
2. Мощное, до катастрофического, извержение с сильным разрушением постройки вулкана. Оно может быть типа Бандай (Япония, 1888), если случится 9–10 бальное неглубокое местное землетрясение, или типа Сент-Хеленс (США, 1980), если начнется новый, КЗV, этап активности в. Кизимен, обусловленный поступлением с глубины свежего магматического вещества основного состава, который тоже должен сопровождаться очень сильной сейсмичностью.

При обоих вариантах, из-за значительного истощения способной к извержению магмы кислого состава, не последует выброса больших объемов кислой пирокластики. При реализации второго варианта возможно излияние лав андезибазальтового состава.

Начавшееся в декабре 2010 г. извержение в. Кизимен, вероятнее всего, свидетельствует о реализации первого варианта прогнозированной активности. Оно близко к извержению в. Кизимен 1928–29 гг. (по Б.И. Пийпу, 1946), но проходит пока (декабрь 2010 г. – январь, февраль 2011 г.) с большей силой. Причем, само вещество выбрасывается из постройки в. Кизимен, а не с большой глубины.

Однако нельзя исключить и более катастрофический сценарий развития событий в дальнейшем – извержений типа Бандай и Сент-Хеленс. Ответить на подобный вопрос сейчас не представляется возможным из-за отсутствия данных о строении и состоянии магматического очага под вулканом Кизимен.

## ОСОБЕННОСТИ И ПАРАМЕТРЫ ЭРУПТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА КИЗИМЕН ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

**Мельников Д.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Активизировавшийся в 2010 году вулкан Кизимен заслуживает пристального внимания и изучения в связи с существующей вероятностью его катастрофического извержения (Мелекесцев и др., 1992). Труднодоступностью вулкана для непосредственных наблюдений, определяет важную роль дистанционных методов исследований.

Для изучения динамики эруптивного процесса вулкана Кизимен были использованы спутниковые снимки высокого разрешения TERRA ASTER и EO-1 ALI с пространственным разрешением в видимом диапазоне 10 м (ALI), 15 м (ASTER) и 90 м в инфракрасном диапазоне (ASTER). Всего за период декабрь 2010–март 2011 было рассмотрено 12 снимков. На основе инфракрасных каналов построены схемы распределения термальных аномалий. Были выделены несколько зон высоких температурных значений. Первая зона была сформирована в восточной части постройки вулкана в результате движения по склону и накопления в верховьях р. Левая Щапина материала раскалённых обломочных лавин. Её появление соответствует началу извержения вулкана 10 декабря 2010 г. На протяжении декабря 2010–января 2011 в пределах зоны регистрировались высокие температуры, что свидетельствует о постоянном привносе нового материала горячих обломочных лавин. Со второй половины февраля 2011 эта зона начинает постепенно остывать, но одновременно на юго-восточном склоне вулкана происходит формирование новой области транзита и накопления обломочного материала. Вероятно, изменение направления схода обломочных лавин произошло в связи с перестройкой зоны современного кратера под действием эруптивного процесса или выжимания лавового потока (?).

## ТЕФРА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В ДЕКАБРЕ 2010 – ФЕВРАЛЕ 2011 ГГ.

**Овсянников А.А., Малик Н.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В середине ноября 2010 г. началось извержение вулкана Кизимен, последнее эксплозивное извержение которого отмечалось в 1928–1929 гг.

В докладе приведены результаты исследования единственно доступного продукта начального этапа извержения вулкана Кизимен – тефры.

Вулкан Кизимен представляет собой одиноко стоящую конусообразную гору высотой 2376 м с выступами экструзивных куполов и выделяющимися на склонах относительно короткими крупно глыбовыми мощными лавовыми потоками. Для него характерны эксплозивно-эффузивно-экструзивные извержения. Изверженные продукты представлены плагиоклазовыми базальтами, амфиболовыми и без амфиболовыми плагиоклаз-пироксеновыми андезибазальтами, дупироксеновыми, роговообманково-пироксеновыми и роговообманковыми андезитами, кварц-роговообманковыми дацитами (Иванов Б.В., 2008).

Сейсмическая подготовка извержения началась в июле 2009 г. С 11 ноября 2010 г. начали наблюдаться парогазовые выбросы с примесью пепла. Первые сильные эксплозии произошли 13 декабря, шлейф распространился в северо-северозападном направлении. В дальнейшем и до настоящего времени практически непрерывно отмечались пепловые шлейфы разной длины и насыщенности (в работе рассмотрены самые значимые и интересные из них).

В результате наземных наблюдений и облетов вулкана стало ясно, что часть материала откладывается в виде пирокластических потоков преимущественно в восточном секторе вулкана. Необычной особенностью данного извержения является то, что они образуются даже при слабых выбросах пирокластики, временами наблюдалось практически непрерывное формирование пирокластических потоков. На других вулканах Камчатки такое явление не отмечалось. Наиболее мощные пирокластические потоки формировались 5–7 января, по-видимому, захватывая озеро Теплякова и верховья, вытекающего из него, ручья Поперечный, по долине которого сошел мощный лахар, который уничтожив по дороге большой массив леса влился через 12 км в р. Левая Щапина, вызвав в ней кратковременное наводнение.

В начале марта на восточном склоне вулкана было замечено выдавливание небольшого (около 200 м) лавового потока. Интенсивность эксплозивной деятельности в это время упала.

К началу извержения большая территория Камчатки была покрыта тонким слоем снега, т.е. в снежных шурфах сохранялись все горизонты пепла. В результате полевых работ в декабре 2010 – феврале 2011 гг. было проведено шурфование снежной толщи примерно в 100 точках и было отобрано около 150 проб пепла. Общая масса тефры, изверженная вулканом к концу февраля, по предварительным оценкам составила 5–6.5 млн.т.

Тефра, извергнутая к настоящему моменту, по химическому составу относится к высоко- и весьма высоко-глинозёмистым андезитам нормальной щёлочности калиево-натриевой серии.

Вытяжки из пеплов извержения имеют сравнительно большую минерализацию – 500–2000 мг на 100 г пепла, выпавшего на расстоянии 20–90 км от вулкана. В анионной части водорастворимого комплекса сульфат ионы значительно преобладают над хлорид- и фторид-ионами (среднее отношение S/Cl около 4), что свидетельствует о преимущественно ювенильном происхождении пеплов.

## КЛАССИФИКАЦИОННАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В МАГМАХ ОСНОВНОГО-УЛЬТРАОСНОВНОГО СОСТАВОВ

**Пономарев Г.П., Пузанков М.Ю.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Множество созданных к настоящему времени классификационных и генетических схем, используемых для магматических пород можно условно разбить на 2 группы: первая – использующие породообразующие элементы и вторая – использующие редкие, рассеянные и изотопы и их отношения. Использование породообразующих элементов для подобных построений обычно называют петрохимическим подходом. Существует мнение (Лутц, 1980) что «петрохимический подход, основанный на силикатных анализах, в значительной мере себя исчерпал.» Однако большинство, используемых геотермометров и геобарометров основаны на межфазном распределении породообразующих элементов. Но граничными условиями для использования термометров и барометров являются составы фаз, использованных для калибровки этих инструментов.

Мы в своих расчетах постарались расширить эти границы, используя максимально возможное число экспериментальных результатов, в частности базу данных «ИНФО-РЕКС» (Арискин, Бармина, 2000) с дополнениями за последние года. Были созданы уравнения (~700 шт.), позволяющие рассчитывать температуры, давления, составы расплавов, предваряя расчеты, оценками равновесности составов, используемых фаз. Тестирование наиболее используемых опубликованных уравнений различных авторов для расчетов температур и давлений показало их более худшие статистические характеристики. Кроме того были исследованы особенности межфазных распределений породообразующих элементов на экспериментальных выборках, содержащих 300–1000 шт., представленных следующими парагенезисами: основной – ультраосновной расплав – шпинель, о.-у. расплав-оливин, о.-у. расплав-ортопироксен, о.-у. расплав-клинопироксен, о.-у. расплав-плагноклаз. Равновесные коэффициенты распределения минерал-расплав для кремния, магния, кальция обратно пропорциональны их содержаниям в расплаве, т. е. чем больше содержания этих элементов в расплаве, тем менее охотно они переходят в кристаллическую фазу. Носят ли это явление более универсальный характер и распространяется например на металлические системы, силаны, силаны и т.д. пока не ясно.

Кроме того кремний вытесняет из расплава магний и кальций и наоборот, что вероятно может объяснить широкое распространение гранитовой структуры в интрузивных породах кислого состава. Породообразующие элементы в магматических расплавах (двухрешеточная модель) разделяют на 2 группы- сеткообразователи и модификаторы, хотя имеется много возражений против подобного деления. Наши исследования позволяют дополнить эту схему термочувствительными и барочувствительными элементами. Среди первых можно назвать магний, ко второй группе относится алюминий. Среди исследованных нами минералов наиболее барочувствительным оказались минералы группы шпинели, в которых индикаторную роль играет алюминий. Минералы группы шпинели кристаллизуются, как правило, одними из первых и типичны в виде включений в кристаллы оливина. Особенности составов этих кристаллов шпинели позволяют полагать, что кристаллизация магматических расплавов основного – ультраосновного составов в различных геодинамических обстановках начинается на глубинах менее 45 км. Интересным фактом является близость составов реликтовых фаз (остатков плавящегося субстрата) и новообразованных, что указывает на близость условий существования. Важным фактом для понимания генезиса кимберлитов, наиболее глубинных магм, является отсутствие высокобарических разностей шпинелей среди включений в кристаллы алмазов независимо от возраста вмещающей породы и континентальной приуроченности кратона. Это, по нашему мнению, указывает на гибридный характер кимберлитовых магм и ксеногенную природу алмазов в этих магмах.

## ВУЛКАНЫ БЕЗЫМЯННЫЙ, ШИВЕЛУЧ И СЕНТ-ХЕЛЕНС: ЕЩЕ РАЗ О СРАВНИТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ИХ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ В XX ВЕКЕ

**Слезин Ю.Б.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Вулкан Безымянный, первый в серии, дал (с помощью Г.С. Горшкова) название типу извержения, а последний из троих – Сент-Хеленс – позволил наиболее детально изучить и охарактеризовать этот тип. Сравнением и поиском отличий в извержениях названных вулканов 1956, 1964 и 1980 годов, соответственно, занимались многие авторы, приходившие к разным выводам. Здесь делается попытка еще раз описать различия в ходе извержений и высказать соображения о причинах этих различий.

Основные различия заключаются в: 1) временных соотношениях между обвалом и взрывом на начальной стадии извержения; 2) объемных и временных соотношениях отложений тефры и пирокластических потоков на стадии газопирокластического извержения; 3) интенсивностях газопирокластического извержения; 4) длительностях интервалов покоя перед началом экструзивной стадии.

В основе подготовки кульминационной стадии извержения вулканов Безымянного и Сент-Хеленс (направленного взрыва) было внедрение в тело постройки близповерхностной интрузии – «криптокупола», а у вулкана Шивелуч – активизация роста куполов в кратере. У вулкана Сент-Хеленс направленный взрыв начался через 26 секунд после обвала постройки, а у вулкана Безымянный эти события происходили одновременно, и значительная часть фрагментов обваливающейся постройки переносилась потоком взрыва. На вулкане Шивелуч из-за отсутствия криптокупола эффект направленного взрыва практически не проявился. Плинианская стадия на вулканах Безымянный и Шивелуч была в несколько короче и интенсивнее, чем на в. Сент-Хеленс. В этом причина значительно большего объема пирокластических потоков по сравнению с объемом тефры на Безымянном и Шивелуче. Рост экструзивного купола на в. Сент-Хеленс и Безымянном начался в первые недели после прекращения плинианской стадии, а на Шивелуче только через 16 лет.

Эти различия во многом могут быть объяснены особенностями геометрии питающей системы вулканов, такими как глубина очага, размеры канала и динамикой подачи материала из глубины, хотя данных характеризующих эту систему пока явно не достаточно, особенно для вулканов Безымянный и Шивелуч.

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЭКСПЛОЗИВНЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ

**Фирстов П.П., Махмудов Е.Р., Чебров В.Н.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Наблюдения за волновыми возмущениями в атмосфере от вулканических извержений на полуострове Камчатка начались проводиться в 60<sup>х</sup> годах прошлого века. Почти за 30 летний период наблюдений волновых возмущений в атмосфере, сопровождающих извержения Камчатских вулканов был получен обширный материал, легший в основу нового научного направления «Акустика вулканических извержений». Начиная с 90-х годов прошлого столетия, наблюдения за волновыми возмущениями в атмосфере на Камчатке были прекращены. В работе приводятся некоторые результаты по организации сети инфразвукового мониторинга. В настоящее время на Камчатке в пункте Начики работает акустическая станция IS44 (НЧК), созданная в рамках контроля несанкционированных ядерных взрывов (IMS), а в поселках Паратунка (ПРТ) и Ключи (КЛЧ) работают станции Камчатского филиала Геофизической службы РАН. Эти станции позволяют вести мониторинг сильных эксплозивных извержений андезитовых вулканов Камчатки, Рассмотрены кинематические и динамические параметры акустических сигналов, сопровождавших извержения вулкана Безымянного в 2009 – 2010 гг. В волновых возмущениях, сопровождавших извержение вулкана Безымянного 16 декабря 2009 г. выделен импульсный сигнал. Этот сигнал связывается с мощным молниевым разрядом, возникшим при формировании эруптивной тучи. В начале 2011 г. произошло эксплозивное извержение андезитового вулкана Киземен. Волновые возмущения, сопровождавшие это извержение, зарегистрировались на станциях НЧК и ПРТ. Обращено внимание на низкочастотную фазу разряжения более 60 с в начальной части записи акустических сигналов, сопровождающих сильные извержения андезитовых вулканов. Показано, что фаза разряжения возникает в результате резкой конденсации перегретого ювенильного пара, поступающего в атмосферу во время сильных эксплозий. Приведены предварительные результаты регистрации воздушных волн в ближней зоне на акустических каналах сейсмических телеметрических станциях КФ ГС РАН, расположенных в непосредственной близости от действующих вулканов.

## **Секция II**

**Геодинамика зоны перехода океан-континент:  
геофизические исследования в областях современного  
и четвертичного вулканизма, природные катастрофы.**

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ (В РАЙОНЕ КАМЧАТКИ)

Гонтовая Л.И.<sup>1</sup>, Гордиенко В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт сейсмологии и вулканологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский;

<sup>2</sup> Институт геофизики АН Украины, Киев

Предлагаемые схемы протекающих на Камчатке глубинных процессов в большой степени связаны с результатами метода сейсмотомографии. Этот метод позволил по данным объемных и поверхностных сейсмических волн от землетрясений с использованием различных подходов и способов решения обратной задачи построить трехмерные изображения скоростной структуры верхней мантии (ВМ) до глубины ~1000 км (Гонтовая и др., 1995, 2003, 2006; Vijwaard et al, 1998; Gorbатов et al, 1997, 2000; G. Jiang et al, 2009; Кулаков, устное сообщение, 2010; Lees et al, 2007; Levin et al, 2002a,b; Park et al, 2002a; Nizkous et al, 2007; и др.). Эти результаты с точки зрения протекающих в переходной зоне (ПЗ) глубинных процессов могут быть проинтерпретированы по-разному в зависимости от того, с помощью какой методики проводится их сопоставление с данными геолого-геофизических исследований.

Здесь использована методика, которая подразумевает на первом этапе построение гипотетической модели глубинных процессов в рамках адвекционно-полиморфной гипотезы (Гордиенко и др., 1992, 2003, 2007 и др.). На втором – ее непосредственное (без подбора параметров) сравнение с геологическими фактами, геофизическими полями и моделями. В результате моделирования:

1. Создана **тепловая модель**, описывающая распределение температур региона на протяжении протекающего в его пределах активного процесса. Изучаемый район ограничен восточной половиной полуострова и прилегающей акваторией (здесь построена 3D скоростная модель). Рассчитанная модель включает мантийную астеносферу (превышение  $T$  солидуса) на глубинах примерно 70–120 км и небольшой по мощности слой частичного плавления в коре на глубинах около 20–30 км. В последнем случае частичное плавление считалось появляющимся при  $T$  более 600°C. Возможно отсутствие обоих слоев частичного плавления в зоне наклонной высокоскоростной аномалии.

2. На основе тепловой рассчитана **скоростная модель**  $V_p$  в ВМ. Предполагалось, что отличия в  $T$  от фоновых значений (под платформой) в  $100^0$  изменяют  $V_p$  на 0,06 км/с. При появлении расплава – превышении температуры солидуса пород мантии ( $T_c = 1013 + 3,914N - 0,0037N^2$ ) – значения  $V_p$  дополнительно понижаются на 0,07 км/с на каждый 1% его концентрации. Количество расплава считалось увеличивающимся от 1% в точке солидуса на 1% с ростом  $T$  на 50°C. График распределения разности между расчетными и экспериментальными значениями  $V_p$  отличается от нормального, однако оценка модальной величины (0,075 км/с) довольно надежна.

3. Разработана предварительная **плотностная модель** тектоносферы. На первом этапе по априорным геолого-геофизическим данным была построена плотностная модель ЗК и определен ее гравитационный эффект. На втором – по тепловой модели ВМ построена аномальная плотностная модель и, далее, ее эффект просуммирован с коровым. Расхождение расчетного и наблюдаемого полей  $\Delta g$  составляет около 40 мГл. В расчетной модели в области СФЗ четко выделяется зона повышенной плотности (3,2–3,25 г/см<sup>3</sup>) на глубине 40–70 км ВМ.

На основании полученных результатов высказано предположение, что наиболее существенной причиной сейсмичности в ВМ (до глубины 200–300 км) является изменение минералогии пород ЗК и ВМ, происходящее в связи с изменениями температуры при тепло-массопереносе. Предложенная схема глубинных процессов на Камчатке может рассматриваться в качестве альтернативной тектонике плит.

## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЭПОХИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ НА КАМЧАТКЕ В ГОЛОЦЕНЕ

**Дирксен В.Г.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Выяснение взаимосвязей в глобальной системе климат-вулканизм, и прогноз функционирования этой системы в будущем, является одной из активно обсуждаемых тем последних десятилетий. За ~200 лет инструментальных наблюдений накоплена обширная база данных о влиянии современных извержений на климат, и, в первую очередь, на изменение температуры воздуха (а именно, ее понижение) за счет выноса в атмосферу вулканических аэрозолей. Однако изученные извержения вулканов почти на порядок уступают по своим параметрам многим известным извержениям последних ~10 тыс. лет. В этой связи, представляется перспективным использование палеоданных, позволяющих охарактеризовать изменения климата в прошлом, если таковые имели место, в периоды катастрофических вулканических событий. К таким событиям можно отнести кальдерообразующие извержения с объемами изверженного материала 10–100 км<sup>3</sup>, а также серии сближенных во времени крупных эксплозивных извержений с объемами 1–10 км<sup>3</sup>.

В рамках голоцена были выделены три периода с повышенной мощностью и частотой извержений, которые можно назвать «эпохами вулканических катастроф» в Курило-Камчатском регионе (Мелекесцев и др., 2003 а, б): 8700–8350 л.н. (7900–7500 14С л.н.), 4500–3200 л.н. (4000–3000 14С л.н.) и 1850–1300 л.н. (1900–1400 14С л.н.). Эти периоды прекрасно соотносятся с глобальными пиками эксплозивного вулканизма, установленными для Тихоокеанского региона в целом (Пономарева и др., 2010).

Недостаток палеоклиматической информации по Камчатке был восполнен получением высококачественных палеозаписей из болотных и озерных отложений, что позволило охарактеризовать климатические условия на временных срезах, соответствующих периодам вулканических катастроф. Сопоставление палеоклиматических данных по Камчатке с таковыми из районов Северной Евразии позволило соотнести их с глобальными климатическими трендами голоцена, и выявить возможную «вулканическую» составляющую.

Период ~8700–8350 л.н. был максимумом эксплозивного вулканизма в голоцене, включающим несколько сильнейших кальдерообразующих извержений. Однако сигналы похолодания в палеозаписях этого времени отсутствуют. Причиной этому может быть сильное океаническое влияние в течение первой половины голоцена, благодаря которому климат Камчатки был мягким и очень влажным. На этом фоне пульсы пост-эруптивных похолоданий могли быть сглажены, или вовсе не проявлены в палеозаписях, как, например, не проявилось кратковременное похолодание ~8200 л.н., хорошо известное в Европе и Северной Америке.

Похолодание Неогляциала, начавшееся на Камчатке и в континентальной Азии около 4800–4500 л.н., может быть сопоставлено с периодом вулканической активизации ~4500–3200 л.н. Однако явился ли вулканизм причиной похолодания, или резкие кратковременные понижения температуры после извержений усилили и продлили глобальный климатический тренд Неогляциала, однозначно не установлено.

Эпоха вулканических катастроф в начале нашей эры (~1850–1300 л.н.) может быть соотнесена с хорошо выраженным в палеозаписях Камчатки похолоданием между ~1500 и 900 л.н. Напротив, в Европе и континентальной Азии это время Средневекового потепления (~1300–700 л.н., с кульминацией около 1000 л.н.), которое на Камчатке проявилось позднее (~900–500 л.н.), и не во всех районах. Асинхронность в новейших климатических трендах можно рассматривать в качестве косвенного сигнала вулканического эффекта, что, однако, требует дальнейшего изучения и подтверждения данными других методов.

## ДИНАМИКА ПОБЕРЕЖИЙ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ НА ПРИМЕРЕ О. МАТУА (СРЕДНИЕ КУРИЛЫ)

**Кравчуновская Е.А.<sup>1</sup>, Макиннесс Б.Т.<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> *Университет штата Вашингтон, Сиэттл, США*

Рельефообразование на берегах Курильских островов подчинено очень активным здесь эндогенным процессам – вулканическим и сейсмическим. С этим связана особая динамичность рельефа побережий островов-вулканов. Остров Матуа, как и большинство Курильских островов, представляет собой надводную часть вулканической постройки. Вулкан Пик Сарычева характеризуется высокой активностью, в частности, в историческое время. Остров Матуа расположен напротив центрально-курильского сегмента Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны, где периодически происходят землетрясения с  $M \geq 8$ . Во время полевых исследований, проводившихся на о. Матуа в 2006–2010 гг., нам удалось пронаблюдать геоморфологические изменения, произошедшие на побережье острова в результате цунами 2006 и 2007 гг. и извержения 2009 г.

В июне 2009 г. на о. Матуа произошло мощное эффузивно-эксплозивное извержение. Главная роль в изменении рельефа острова принадлежала отложениям шлаковых пирокластических потоков и пирокластических волн. Наиболее интенсивно (по объёму продуктов и длине прохождения) пирокластические потоки формировались на западном (от юго-запада до северо-запада) и северо-восточном секторах склонов вулкана (Гришин, Мелекесцев, 2010). Пирокластические потоки изменили очертания береговой линии острова (Извержение..., 2010). Их языки выдвинулись в море, сформировав новую сушу. Проведённые в августе 2010 г. наблюдения показали, что в течение года, прошедшего с момента извержения, положение береговой линии вновь существенно изменилось. В настоящее время фронтальные части пирокластических потоков интенсивно размываются, а поступивший материал аккумулируется в прилегающих бухтах, заполняя их. Ширина отдельных участков новообразованной суши достигает 250–300 метров (Левин и др., 2010).

Рельефообразование на побережьях связано с вулканической деятельностью и в более мелком временном масштабе. Так, формированию широких морских аккумулятивных террас в бухтах Южная и Айну, по-видимому, существенно способствовало поднятие острова, предшествовавшее началу андезибазальтового этапа эруптивной активности Пика Сарычева ~500–600 лет назад (Левин и др., 2010). Скорость формирования террас не была постоянной, проградация прерывалась размывом, связанным, по всей вероятности, с периодическим дефицитом изверженного материала.

Волны цунами существенно преобразуют побережье острова Матуа. Как показало обследование, проведённое после цунами 2006 и 2007 гг. (Левин и др., 2008), воздействие цунами проявляется по-разному, в зависимости от параметров заплеска и уклонов побережья (Пинегина и др., 2008; Кравчуновская и др., 2008). Цунамигенный размыв, как правило, значительно преобладает над аккумуляцией (MacInnes et al., 2009). Рельефообразующие процессы, описанные на побережье Матуа, типичны и для других островов-вулканов.

## МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ВКРЕСТ ТОЛБАЧИНСКОГО ДОЛА

**Кугаенко Ю.А.<sup>1</sup>, Салтыков В.А.<sup>1</sup>, Абкадыров И.Ф.<sup>2</sup>, Горбатиков А.В.<sup>3</sup>,  
Степанова М.Ю.<sup>3</sup>, Воропаев П.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

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

<sup>3</sup> Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва

Толбачинский Дол – Южная региональная зона шлаковых конусов вулкана Плоский Толбачик – расположен в юго-западном секторе Ключевской группы вулканов на Камчатке. Район детально изучался благодаря Большому трещинному Толбачинскому извержению (БТТИ, 1975–1976 гг.). Несмотря на то, что БТТИ и связанным с ним процессам посвящено большое количество работ, ряд проблем требует дополнительных исследований. Например, это вопросы, связанные со строением и свойствами промежуточных магматических очагов и питающих каналов, и основная особенность извержения – резкая смена состава базальтов от магнезиальных через промежуточные разности к субщелочным глиноземистым.

Развитие средств цифровой регистрации сейсмических сигналов и появление принципиально новых методик оценки параметров геологических объектов позволяют провести исследования глубинной структуры Толбачинского Дола на современном уровне для получения дополнительных знаний об ареальном вулканизме этого района.

Для реконструкции глубинной структуры среды применен метод низкочастотного микросейсмического зондирования. Метод базируется на свойстве скоростных неоднородностей земной коры искажать спектр низкочастотного микросейсмического поля в своей окрестности. С точки зрения практической реализации этот подход выглядит как микросейсмическая съемка в ряде разнесенных в пространстве точек одними или несколькими переносными датчиками.

Летом 2010 г. пройден линейный субширотный микросейсмический профиль вкост региональной зоны шлаковых конусов Толбачинского дола через Северный прорыв БТТИ. Для регистрации использовались портативные широкополосные (0.03–100 Гц) цифровые сейсмометры Guralp CMG-6TD. Длина профиля 14 км. Шаг съемки (расстояние между пунктами регистрации) 500 м. Время регистрации в каждой точке составляло не менее 3 часов, что определялось необходимостью достижения статистической устойчивости спектра. Общее количество точек на профиле 29. Для исключения медленной трендовой составляющей в спектре зондирующего микросейсмического сигнала одновременно с измерениями вдоль профиля непрерывно работала опорная станция.

Построен вертикальный разрез земной коры, отражающий распределение контрастов скоростей поперечных волн в диапазоне глубин 0–30 км по профилю вкост питающей трещины БТТИ. Результаты расчетов подтверждают существование под Северным прорывом БТТИ двух объемов среды с пониженными прочностными свойствами, которые по результатам выполненных ранее работ (КМПВ) интерпретируются как периферические магматические очаги. Обнаружены не сообщаемые низкоскоростные зоны, связанные с предполагаемым малоглубинным очагом на глубине 2–3 км. Показано, что пути поступления магмы в этот очаг могли быть различны. Подтверждена эффективность и реализуемость метода микросейсмического зондирования для исследования глубинных структур в сложных ландшафтных условиях в районах активного вулканизма.

## СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ РАЙОНА АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

**Мороз Ю.Ф.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В рассматриваемом районе выполнен большой объём магнитотеллурических зондирований. Площадной съёмкой МТЗ покрыты юго-восточные склоны Авачинского вулкана и побережье залива. Одним профилем МТЗ пересечён Авачинский вулкан с юго-запада на северо-восток. Он совмещён с профилем ГСЗ. В 2010 г. на юго-западном склоне вулкана выполнены МТЗ с помощью канадской аппаратуры «Феникс». В предшествующие годы по данным МТЗ построена геоэлектрическая модель района. Она получена по упрощённой методике в рамках двумерно-неоднородной модели, которой аппроксимировано юго-восточное побережье Камчатки. В качестве основных использовались кривые МТЗ в одном направлении – вдоль Камчатки. Эти кривые в меньшей мере подвержены региональным искажениям за счёт берегового эффекта. Однако, только по кривым одного направления, информация по электропроводности земной коры является неполной.

В последние годы созданы программы по трёхмерному численному моделированию магнитотеллурического поля, которые дают возможность выполнить интерпретацию кривых МТЗ в рамках трёхмерных моделей. Это даёт возможность изучить влияние на поведение кривых МТЗ сложных очертаний береговой линии Авачинского залива, бухты Шипунского п-ва и вулканических построек Авачинского и Корякского вулканов. Результаты анализа позволяют выполнить интерпретацию кривых МТЗ в рамках трёхмерной модели и получить более полное представление о распределении электропроводности в земной коре района Авачинского вулкана.

В результате интерпретации МТЗ с привлечением современных методик и трёхмерного численного моделирования установлено, что кривые МТЗ к юго-западу от Авачинского вулкана имеют хорошо выраженный минимум, отражающий наличие слоя повышенной электропроводности в земной коре. К северо-востоку от Авачинского вулкана земная кора является высокоомной. Она не содержит проводящего слоя. В районе Авачинского вулкана продольные и поперечные кривые в низкочастотной области расходятся по форме в виде «ножниц». Это связано с глубинным разломом, который выражен в осадочно-вулканогенном чехле в виде Авачинского грабена, заполненного хорошо проводящими отложениями с удельным электрическим сопротивлением 8 Ом·м на глубинах 3–4 км. Разлом имеет продолжение в Авачинский залив. Максимальная проводимость осадочно-вулканогенных образований в грабене отмечается в районе Авачинского вулкана. По данным электропроводности пористость пород на указанных глубинах составляет 0.18%. Предполагается, что породы грабена насыщены высокоминерализованными водами. Они представляют интерес на поиски геотермального месторождения.

В результате исследований, мы приходим к выводу, что Авачинская группа вулканов приурочена к границе блоков литосферы с различной электропроводностью. Блок литосферы со стороны северо-западной Камчатки содержит коровый проводящий слой. Блок литосферы Восточной Камчатки со стороны океана является высокоомным и не содержит корового проводящего слоя. Блоки литосферы разделены глубинным поперечным разломом, к которому приурочена Авачинская группа вулканов. Разлом проникает в верхнюю мантию и имеет продолжение на северо-запад и в сторону Тихого океана. С ним, по видимому связано возникновение Авачинского и Корякского вулканов. Разлом является каналом, по которому жидкие флюиды в виде высокоминерализованных растворов могут проникать со стороны Западной Камчатки и Тихого океана, создавая условия для возникновения магматических расплавов в районе современного вулканизма.

## АНОМАЛИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ НА КАМЧАТКЕ В СВЯЗИ С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

**Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

На южной Камчатке в обс. Карымшина и п. Тундровый изучена динамика электропроводности литосферы и электрического поля внутриземных источников. Информация о динамике электропроводности литосферы получена с помощью магнитотеллурических передаточных функций. В поведении магнитотеллурического импеданса, теллурического тензора и электрического поля внутриземных источников выявлены аномалии, которые связываются с землетрясениями.

В обс. Карымшина в поведении компонент тензора импеданса выражена аномалия, приуроченная во времени Курильским землетрясениям с  $M = 8.2$  и  $8.3$ . Она в лучшей мере выражена в фазе импеданса на периоде 700 с. Это свидетельствует о глубинном изменении электропроводности, которое связывается с проводящей зоной в литосфере. Предполагается, что аномалия электропроводности обусловлена изменением степени насыщенности минерализованными растворами проводящей зоны в литосфере.

В п. Тундровый в поведении компоненты теллурического тензора выражена аномалия интенсивностью 40 – 50%, которая связывается с сильнейшими Курильскими землетрясениями с  $M = 8.2$  и  $M = 8.3$ . Однако, в поведении фазы данной компоненты аномалия не проявилась. Это свидетельствует, что аномалия модуля компоненты теллурического тензора связана с появлением или изменением локальной геоэлектрической неоднородности в районе измерительных линий. Возникновение аномалии может быть вызвано изменением уровня и минерализации грунтовых вод. Также не исключаются другие явления, связанные с геодинамическими процессами.

В обс. Карымшина в поведении электрического поля внутриземных источников выявлены аномальные возмущения продолжительностью 1 – 2 месяца. Интенсивность возмущений составляет первые сотни мВ/км. Они проявились за 1.5 – 2 месяца перед землетрясениями с  $M = 5.4$  –  $8.3$ . Характерно, что возмущения электрического поля имеют повышенную интенсивность на коротких линиях. Это свидетельствует, что они обусловлены локальными близповерхностными эффектами в районе измерительных линий. Данные эффекты являются, по-видимому, приэлектродными и могут быть связаны с физико-химическими процессами, вызванными подготовкой землетрясений.

Комплексный анализ выявленных аномалий показал, что приповерхностные и глубинные аномалии, связываемые с одним и тем же землетрясением не совпадают между собой по времени. Определены следующие особенности в поведении аномалий в связи с сильнейшими землетрясениями с  $M = 8.2$  –  $8.3$ . Аномалия компоненты теллурического тензора проявилась примерно за 8 месяцев до землетрясения, аномалия электрического поля внутриземных источников – за 2 месяца до землетрясения, аномалия в фазе импеданса развивается после землетрясения с  $M = 8.3$  и достигает максимального значения с  $M = 8.2$ . Из этого видно, что аномалии, предваряющие сильные землетрясения с  $M = 8.2$  и  $M = 8.3$ , связаны с приповерхностными частями земной коры. Аномалии, сопровождающие указанные землетрясения, являются глубинными. Полученные результаты свидетельствуют, что данные электромагнитного поля Земли дают возможность получить информацию о приповерхностных и глубинных изменениях электрических свойств среды в связи с сильными землетрясениями.

О КЛЮЧЕВОЙ РОЛИ ОБЩЕПЛАНЕТАРНЫХ РИТМОВ СЕЙСМИЧНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СИЛЬНЕЙШИХ МИРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: КАМЧАТСКОГО ( $M_w = 9.0$ , 1952 Г.), ЧИЛИЙСКИХ ( $M_w = 9.5$ , 1960 Г. И  $M_w = 8.8$ , 2010 Г.), АЛЯСКИНСКОГО ( $M_w = 9.2$ , 1964 Г.) И СУМАТРИНСКОГО ( $M_w = 9.1$ , 2004 Г.)

**Широков В.А., Широкова Н.В.,**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

При разработке планетарно-региональной модели подготовки тектонических землетрясений (Широков, 2001) нами развивается альтернативный к существующим моделям подход, согласно которому солнечная активность, гравитационные и электромагнитные процессы в системе Солнце-Земля-Луна имеют ключевое значение на всех стадиях подготовки сильных сейсмических событий, от её долгосрочной фазы (более года) до оперативной, длительностью менее одной недели (Широков, 1977, 2001, 2009; Широков, Бузевич, Широкова, 2010; Широков, Серафимова, 2006 и др.). Для решения задач геодинамики и прогноза землетрясений важное значение имеет изучение отклика геофизической среды в диапазоне ритмов от суток до 22-летнего Хейловского цикла солнечной активности.

С целью изучения роли ритмов планетарной сейсмичности проведён анализ каталогов мировых землетрясений 1900–2010 гг. и выявлена статистически значимая связь годового, двухлетнего и четырёхлетнего ритмов с подготовкой Камчатского, Чилийского и Аляскинского землетрясений в период 1939–1964 гг. Аналогичные эффекты обнаружены для периода 1990–2010 гг. перед Суматринским и Чилийским землетрясениями 2004 и 2010 гг. Двухгодовые планетарные ритмы проявлялись в том, что в чётные годы магнитуды максимальных по силе землетрясений в подавляющем числе случаев были больше, чем в предыдущие нечётные годы. При этом подготовка землетрясений сопровождалась увеличением со временем такого геодинамического параметра как скорость  $V$  сеймотектонического движения по определению Ю.В.Ризниченко (1977). Это позволило предположить, что тенденция долговременного роста  $V$  является необходимым условием возникновения сильнейших мировых землетрясений. Выявленные двухлетние ритмы с максимумами в чётные годы объясняют тот факт, что 5 сильнейших по величине моментной магнитуды мировых землетрясений 1900–2010 гг. произошли тоже в чётные годы, причём 4 самых сильных события отмечены в високосные годы как следствие существования четырёхлетнего ритма мировой сейсмичности. Можно отметить, что за неделю до Чилийского землетрясения 2010 г. по методике ГЛОБАС (Широков, 2009) был сделан официально зарегистрированный прогноз в реальном времени без указания места возникновения события. Укажем также, что по официальной статистике в период 1991–2010 гг. в нечётные годы число погибших от землетрясений составило 168 тысяч 88 человек, а в чётные годы жертвами землетрясений стали 553 тысячи человек.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что указанные выше ритмы общепланетарной природы и долговременный рост перед сильнейшими мировыми землетрясениями скорости сеймотектонического движения, рассчитанной для Земли в целом, играют ключевую роль при долгосрочной подготовке сейсмических событий.

## **Секция III**

**Современные гидротермальные системы: геотермия, геохимия,  
постмагматические процессы.**

**Вулканогенное рудообразование.**

**Новые методы исследования и оборудование.**

## КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКОГО ПАРОДОМИНИРУЮЩЕГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

**Абкадыров И.Ф., Букатов Ю.Ю., Нуждаев И.А., Рылов Е.С., Феофилактов С.О.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В последние три года в районе Нижне-Кошелёвского геотермального месторождения исследования проводятся различными геофизическими методами. Комплекс геофизических исследований включает: метод микросейсмического зондирования, высокоточные гравиметрические измерения и магнитную съёмку. Основной целью этих работ является изучение особенностей глубинного строения геологической структуры, контролирующей поток восходящих высокотемпературных паро-газовых флюидов.

Нижне-Кошелёвское месторождение – это крупнейшее пародоминирующее геотермальное месторождение на Камчатке, его мощность составляет  $\geq 90$  МВт. Восходящий флюидный поток разгружается на дневной поверхности в пределах одноименной термоаномалии. Предполагается связь потока с сквозькоровыми разломными зонами, на пересечении которых расположен длительно живущий (с миоцена по голоцен) Кошелёвский вулканический массив, относящийся к действующим вулканам.

Исследование термоаномалии методом микросейсмического зондирования (МЗ) проходило в два этапа. Первый этап носил опытно-методический характер. На исследуемой площади была разбита сеть из девяти профилей, ориентированных с севера на юг, с шагом 250 м, протяженностью 1,5 км. На втором этапе для получения более детальной картины строения проведена регистрация микросейсм по двум ортогональным профилям, пересекающим термоаномалию. Шаг съёмки составил 100 м (в пределах термоаномалии шаг уменьшался до 20 – 40 м). Для регистрации микросейсм использовались три сейсмические станции MARS-lite с трехкомпонентными сейсмодатчиками LE-3Dlite фирмы Lennartz (одна опорная, две – для регистрации микросейсм по профилям).

Гравиметрические наблюдения выполнялись высокоточным автоматизированным гравиметром Scintrex CG-5 Autograv (разрешающая способность при снятии показаний достигает 0,001 мГал). Гравиметрические наблюдения также проходили в два этапа. На первом выполнены исследования по 10 профилям: протяженность каждого профиля около 1 км, расстояние между профилями – 100–150 м, шаг между измерениями – около 100 м. Перпендикулярно рабочим профилям заложен опорный профиль, на котором измерения проводились неоднократно с целью учета сползания нуля-пункта гравиметра. На второй год площадь исследований расширена на С-З от термоаномалии, а также выполнены наблюдения по двум ортогональным профилям МЗ.

Магнитная съёмка проводилась по той же сети профилей, что и гравиметрические наблюдения в первый год работ. Шаг наблюдений составил 10 м (в пределах термоаномалии 5 м). Измерения магнитной индукции производились двумя протонными магнитометрами ММП-203 (расхождения показаний приборов  $\pm 1$  нТл, что соответствует точности прибора). Для контроля суточных вариаций магнитного поля один магнитометр использовался как вариационная станция (показания измерений снимались в течение всего рабочего времени через каждые 10 минут).

По данным микросейсмического зондирования глубинное строение термоаномалии представляет собой низкоскоростную чашеобразную область (до глубины 200–300 м) с уходящим на глубину (до 1000 м) «узким корнем». По результатам гравиразведки выделяется сложная система сопряженных гравитационных аномалий различного простирания. Плотностная модель представлена двумя крутопадающими блоками с избыточной плотностью около  $0,284$  г/см<sup>3</sup> (истинная плотность  $2,384$  г/см<sup>3</sup>), разделенных слабо разуплотненной зоной с дефицитом плотности  $-0,057$  г/см<sup>3</sup> (истинная плотность  $2,043$  г/см<sup>3</sup>). Магнитной съёмкой выделено две области (в районе термоаномалии и по ручью Прямой) с отрицательными аномальными значениями магнитной индукции ( $\Delta T_a$  до  $-1600$  нТл).

## ГЕЙЗЕР: ОПРЕДЕЛЕНИЕ И МЕХАНИЗМ (К 70-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ НА КАМЧАТКЕ)

**Дрознин В.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Гейзер можно определить как пароводяной, циклический источник с фазой покоя

Природа циклическости рассматривается как следствие особенности гидродинамики в системе пласт – пароводяная скважина.

Рассматриваются линия насыщения, формы течения и изменение перепада давления от расхода при вертикальном течении газожидкостных потоков, как основные элементы парлифта. Решение основной задачи гидродинамики выполняется с использованием соотношения Зубера-Финдлея. Как результат, рассчитана зависимость возможной максимальной глубины начала парообразования от теплосодержания питающих вод.

Описываются авторские и российские экспериментальные работы на гейзерах по измерению расхода, температуры, минерализации и метода гидрозондирования.

Рассматриваются некоторые задачи теплообмена и их расчетные модели, сопряжённые с работой гейзера.

Отмечается, что циклический режим наблюдается при любых газожидкостных потоках: в парогенераторах, на газированных нефтяных скважинах, углекислых источниках, на вулканах.

Приведены примеры физического моделирования гейзерного процесса при специфической геометрии и условиях питания: модель смещения, камерная модель.

## К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОШЕЛЕВСКИХ ПАРОГИДРОТЕРМ

**Калачева Е.Г.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Современные термопроявления в виде мощных парогазовых струй и конденсатных вод Кошелёвского вулкана приурочены к двум изолированным площадкам. По общему ионному составу термальные воды, разгружающиеся в пределах сольфатарных полей относятся к кислым или слабокислым (рН 3–5.8) сульфатным, реже гидрокарбонатно-сульфатным аммониевым или кальциево (натриево)-аммониевым с повышенным содержанием кремнекислоты (95–175 мг/л) и температурой 68–98°C. Общая минерализация редко превышает 1 г/л (только в грязевых котлах), и в среднем составляет 0.6–0.8 г/л. Газовый состав (Поздеев, Нажалова, 2008) существенно углекислый, постоянно присутствуют сероводород, метан, азот.

В общих чертах формирование парогидротерм можно представить следующим образом: пар и газ, в основном CO<sub>2</sub>, а также другие летучие (H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>), выделившиеся в двухфазной зоне гидротермальной системы (Hedenquist, 1988.) на глубине более 2х км поднимаясь к поверхности, через породы непроницаемые для жидкой фазы, адсорбируются грунтовыми водами, насыщенными кислородом. Окисление H<sub>2</sub>S до H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в аэрированной воде приводит к образованию низкотемпературных сульфатно-кислых гидротерм. В зависимости от рельефа и местных гидрологических условий на поверхности они проявляются в виде интенсивно газифицирующих бессточных грязевых котлов, луж, горячих источников. Катионная часть вод формируется в основном за счет взаимодействия в приповерхностных условиях с окружающими породами, а также за счет выноса ряда элементов с глубины, захваченных парогазовой смесью по пути следования из вмещающих пород. Концентрации основных породообразующих элементов и ряда микроэлементов, в том числе и РЗЭ, в водах находятся в прямой зависимости от рН и от степени взаимодействия с породами. Бессточные котлы несут большую минеральную нагрузку, чем источники. Однако, источник поступления значительного количества ионов аммония, определяющего химический тип термопроявлений, и основных газовых компонентов остается не ясным. Геофизические данные о глубинном строении района указывают на наличие в его недрах внутрикорового магматического очага (Зубин и др., 1971), который может служить источником тепла для гидротермальной системы. Наиболее вероятным источником поступления CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> и бора служат богатые органикой осадочные породы березовской свиты, вскрытые береговыми скважинами на глубине не менее 850м от уровня моря (Писарева и др, 1984ф). Под действием тепла происходит разложение органического вещества с образованием CH<sub>4</sub> и его гомологов и NH<sub>3</sub>. Последний диссоциирует в водном растворе с образованием катионов аммония. Наличие битума в пробах песчаников свиты также подтверждают органическое происхождение указанных компонентов.

К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ОБРАЗЦОВ ПРИРОДНЫХ ВОД И ВЫТЯЖЕК ИЗ  
ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА АТОМНО-АБСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ С  
ЭЛЕКТРО-ТЕРМИЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИЕЙ ПРОБ

**Каргашева Е.В., Кузьмина А.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Рассматривается беспламенный атомно-абсорбционный анализ природных жидких объектов. Применение графитовой печи в качестве атомизатора проб при количественном определении микроэлементов.

Представлены первые результаты отработки методики беспламенного атомно-абсорбционного определения содержания микроэлементов (Cu, Mn, Zn, Ni, Co, Pb, V, Al, Ag, Ti, Se, Ba, Zr, As, Sr, Cd) в жидких объектах на спектрофотометре SOLAAR M фирмы THERMO ELECTRON. Демонстрируются возможности метода при исследовании состава природных вод и вытяжек из вулканического пепла. Приводятся данные по оценке чувствительности, точности и прецизионности анализа. Анализируются возможные источники погрешности анализа, в том числе связанные с отбором, хранением, транспортировкой и консервированием образцов.

### 3D ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ (ДО ОПОЛЗНЯ 3.06.2007)

**Кирюхин А.В., Рычкова Т.В., Дубровская И.К.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Цель моделирования – численное воспроизведение термогидродинамических условий процесса формирования гидротермальной системы Долины Гейзеров для прогноза условий парогидротермальных взрывов, являющихся триггерами оползневых процессов.

Для моделирования использовалось программное обеспечение TOUGH2–EOS1 и пре- пост- процессор PetraSim-5. Модель включает две теплопроводящие субвертикальные зоны, вмещающий вулканогенный резервуар плиоцен-четвертичного возраста, третичный осадочный фундамент, область разгрузки гидротерм (Нижне- Гейзерное и Верхне-Гейзерное поля), область водного питания гидротермальной системы (фрагмент юго-восточной границы Узон-Гейзерной кальдеры, экструзия Гейзерная), относительный водоупор, сложенный измененными риолитовыми туфами Гейзерной пачки, источник теплового питания (апикальная часть неглубокозалегающего магматического очага под Верхне-Гейзерным полем).

Размеры модели в плане составляют 14.5 км<sup>2</sup>, верхняя граница модели совпадает с топографической поверхностью, нижняя граница задана на абс. отм. -2000 м. Модель состоит из 15–ти слоев включающих 10500 элементов. Исходные данные для моделирования обоснованы результатами изучения естественной разгрузки гидротерм (гейзеров и горячих источников), инфракрасной съемки термопроявлений 5.08.2010 г, геологического картирования М 1:10 000 (В.Л. Леонов), использованием аналогии с разбуренными геотермальными резервуарами (Паужетский, Мутновский). В качестве граничных условий на модели определен региональный тепловой поток на подошве фундамента 60 мВт/м<sup>2</sup>, массовый поток 250 кг/с с энтальпией 900 кДж/кг, на границах водного питания задаются постоянные температура (10 °С) и давление 1 бар).

На первом этапе моделирования воспроизведены условия формирования гидротермальной системы Долины Гейзеров в интервале времени 0 – 100 тыс. лет. Результаты моделирования показывают возможность формирования естественной разгрузки гидротерм с расходом, сопоставимым с наблюдаемым в настоящее время. Спустя 20–30 тыс. лет после включения в основании модели притока глубинного теплоносителя модельные источники на поверхности достигают энтальпии 500–600 кДж/кг, закипают и переходят в квазистационарный режим разгрузки. Модельная разгрузка на более высоких абс. отметках должна соответствовать фумарольным полям В-Гейзерного поля (энтальпия до 2800 кДж/кг). Модельное температурное поле охватывает область распространения известных термоаномалий и модельная температура согласуется с максимальными оценками температуры 210°С по гидрохимическим геотермомерам (Na-K и SiO<sub>2</sub>), модельные расходы сравниваются с фактическими данными по разгрузке горячих источников и гейзеров.

Важно отметить, что на модели получено формирование двухфазного резервуара под водоупором на левобережье р. Гейзерной. В результате возрастания давления в двухфазном резервуаре могут происходить парогидротермальные взрывы, сопровождающиеся оползневыми процессами. Модельный анализ показывает, что давление может достигать 12 бар на глубине 230 м в районе фумаролы Подрыва (паровая струя в зоне отрыва катастрофического оползня 3 июня 2007 г).

## О МЕХАНИЗМЕ АНОМАЛИЙ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА САМОИЗЛИВАЮЩИХСЯ СКВАЖИН, ВЫЗВАННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ И ВУЛКАНИЧЕСКИМИ АКТИВИЗАЦИЯМИ

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

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

В докладе рассматривается механизм гидрогеохимических аномалий в режиме источников и самоизливающихся скважин за счет изменения условий смешивания различных по составу вод в их водоносных системах. В качестве примера приводятся вариации макрокомпонентов в составе воды самоизливающихся скв. 1 ст. Морозная и скв. ГК-1 ст. Пиначево в период Шипунского землетрясения 2 марта 1992 г.,  $M = 6.9$ .

С использованием формулы (Wang et al., 2004), описывающей изменения концентрации компонента химического состава смешанной воды во времени  $\delta\sigma(t)$ :

$$\delta\sigma(t) = \delta\sigma_0 \frac{e^{-t/t_0} - e^{-t/\tau_0}}{t_0} + const$$

где  $\delta\sigma_0$  – максимальная амплитуда изменения концентрации компонента химического состава воды,  $t_0$  – параметра времени релаксации давления в водоносной системе,  $\tau_0$  – параметр времени движения потока смешанной воды, выполнено моделирование гидрогеосейсмических изменений концентраций  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Na^+$  и  $Ca^{2+}$  в воде скв. 1 и концентрации  $Cl^-$  в воде скв. ГК-1.

При сопоставлении модельных и наблюдаемых данных по изменениям макрокомпонентов в составе воды были выделены эффекты на стадии подготовки землетрясения и постсейсмические эффекты вследствие воздействия сейсмических волн. В скв. ГК-1 происходило разбавление воды (уменьшение концентрации  $Cl^-$ ) на стадии подготовки землетрясения и ее концентрирование в результате землетрясения (увеличение  $Cl^-$ ). В скв. 1 при подготовке землетрясения происходило увеличение минерализации воды на 30% и изменение химического типа воды за счет перераспределения состава анионов – увеличения концентрации  $SO_4$  и уменьшения концентрации  $HCO_3$ . Постсейсмический эффект проявился слабо в относительном уменьшении концентраций  $Ca$ ,  $Na$ ,  $SO_4$  и в увеличении концентрации  $HCO_3$ . Оценены параметры  $t_0$  и  $\tau_0$  на стадии подготовки землетрясения, которые составили 20 и 50 сут для скв. 1 и 120 и 350 сут для скв. ГК-1.

С использованием формулы смешивания для двух контрастных по составу вод  $C = nC_1 + mC_2$ ,  $n+m = 1$ , где  $C_1$  – концентрация компонента в слабоминерализованной воде,  $C_2$  – концентрация компонента в минерализованной воде,  $C$  – концентрация компонента в смешанной воде,  $n$  – доля воды с концентрацией  $C_1$ ,  $m$  – доля воды с концентрацией  $C_2$ ; эмпирических критериев и условия электрической нейтральности раствора, оценены величины минерализации и химический состав смешивающихся вод для скв. 1. При соотношениях  $n:m = (0.9-0.7):(0.1-0.3)$  химические составы смешивающихся вод в водоносной системе скв. 1 соответствуют формулам:

$$C_1: M_{(0.14-0.17)}[SO_4(65-72) HCO_3(25-31)]/[Ca(53-57) Na(42-46)];$$

$$C_2: M_{(0.30-0.37)}[SO_4(90-97) HCO_3(2-8)]/[Ca(53-66) Na(34-46)].$$

С учетом локальных условий формирования химического состава воды и закономерностей изменения макрокомпонентного состава воды в скважинах 1 и ГК-1 в связи с землетрясениями выделены две гидрогеологические обстановки, благоприятные для формирования гидрогеохимических предвестников землетрясений и вулканических активизаций. Первая обстановка характерна для гидрогеологических бассейнов с признаками нефтегазообразования (пример – скв. ГК-1). Вторая обстановка соответствует формированию напорных трещинно-жильных вод, характеризующихся водонасыщенной средой с двойной пористостью (скв. 1 ст. Морозная). В обеих обстановках может происходить эффективное смешивание контрастных по химическому составу подземных вод в связанных с водовмещающими породами стволах скважин.

## О СВЯЗИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МУТНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАРОГИДРОТЕРМ С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА

**Магуськин М.А., Делемень И.Ф., Двигало В.Н.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

29 декабря 1999 года на Мутновском месторождении парогидротерм была начата эксплуатация Верхне-Мутновской ГеоЭС (установленная мощность 12 МВт). Через три года, 10 апреля 2003 года, запустили в эксплуатацию первую очередь Мутновской ГеоЭС с установленной мощностью 50 МВт. Эксплуатация электростанций предусматривает обеспечение мониторинга деформации земной поверхности на территориях их размещения, поэтому начиная с 2004 года на Мутновском месторождении парогидротерм выполняются измерения вертикальных деформаций земной поверхности с использованием нивелирования I класса. За 7-летний период наблюдений (2004 – 2010 гг.) были выявлены три области развития значимых вертикальных деформаций. Первый ареал соответствует тектоническому блоку, ограниченному разломами Спорный, Водопадный и Большой Каньон. Здесь с 2004 по 2006 г. были измерены значимые положительные деформации ( $2 \div 4$  мм/год в 2004–2005 гг., и  $2 \div 5$  мм/год в 2005–2006 гг.). В последующие годы значимых деформаций здесь отмечено не было. Для понимания природы источника деформаций следует учесть, что диаметр области значимых положительных деформаций составил  $\sim 0,3$  км, что сопоставимо с диаметрами близлежащих термальных площадок над паровыми резервуарами в недрах гидротермальной системы. Вероятно, положительные деформации вызваны образованием в недрах блока (под толщей малопроницаемых плиоценовых лав и перекрывающих их четвертичных игнимбритов) парового резервуара вследствие вызванного эксплуатацией теплоносителя понижения уровня термальных вод в гидротермальном резервуаре. Подтверждением этому является несколько случаев взрывообразного выброса пара при бурении скважин на этапе разведки месторождения (ближайшая из таких воронок гидротермального взрыва известна непосредственно у северной границы ареала), а также гидротермальный взрыв, происшедший в 2003 г.

Второй ареал развития деформаций расположен на Северном участке реинжекции теплоносителя и вытянут вдоль одного из разрывных нарушений, являющихся продолжением Парящего разлома (продуктивной зоны «Основная»). Здесь с 2006 по 2008 гг. были измерены значимые положительные деформации  $7 \div 14$  мм/год; в 2008 – 2009 г. значимых деформаций отмечено не было, а в 2009 – 2010 гг. здесь стали наблюдаться отрицательные деформации  $5 \div 8$  мм/год. На основании сопоставления результатов с наблюдениями за деформациями земной поверхности при обратной закачке теплоносителя в гидротермальный резервуар на других эксплуатируемых месторождениях мира, сделан вывод о связи наблюдаемых деформаций с закачкой теплоносителя на Северном участке реинжекции.

Третий ареал развития деформаций пространственно совпадает с субпараллельной системой разломов северо-восточного простирания (Уходящий, Трубка и др.). Здесь, начиная с 2008 года, происходят отрицательные вертикальные деформации земной поверхности. Существенно то, что интенсивность деформаций на этапах измерений 2008 – 2009 гг. и в 2009 – 2010 гг. была примерно постоянной и составляет  $\sim 6 \div 18$  мм/год. Такой характер деформаций типичен для большинства эксплуатируемых геотермальных резервуаров и отражает изменение уровня теплоносителя в резервуаре в процессе эксплуатации.

Сделан вывод о том, что наблюдаемые деформации земной поверхности характерны для резервуаров трещинно-жильного типа, а их интерпретация требует перехода от упрощенных моделей с одной – двумя продуктивными зонами, к более сложным моделям. Необходима также постановка работ по измерению горизонтальных деформаций и увязка полученных данных с сейсмическими наблюдениями.

## ОЦЕНКА ДОЛИ МЕТЕОРНОЙ ВОДЫ В ГАЗАХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ МУТНОВСКОЙ ГЕОЭС

**Максимов А.П., Фирстов П.П., Чернев И.И., Шапарь В.Н.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Состав газов, выделяющихся из теплоносителя на скважинах Мутновского месторождения парогидротерм, неизбежно отражает процессы формирования гидротермального раствора на глубине и последующую его эволюцию при продвижении к поверхности. Мониторинг газового режима скважин Мутновского месторождения проводится с июня 2004 года с целью выявления вариаций состава газов во времени, между скважинами и поиска закономерностей, которые позволили бы прояснить эти процессы.

Основным компонентом газовой смеси является вода, содержание которой по массе превышает 99%. Среди остальных, «сухих», газов резко преобладали  $H_2S$  и  $CO_2$ , обычно составляющие более 90%. Следующими по распространенности компонентами являются азот и кислород. При расчете составов вулканических газов обычно из них вычитается воздушная составляющая путем удаления всего кислорода, а также азота и аргона в пропорции, соответствующей концентрации последних в атмосфере. Однако, во многих пробах отношение  $O_2/N_2$  в газе скважин выше, чем в воздухе. Так как содержания кислорода в эндогенных газах чрезвычайно низки, то этот факт можно объяснить только поступлением воздушных газов в теплоноситель вместе с метеорными водами. Растворимость кислорода (а также аргона) в воде выше, чем азота. Соответственно доля кислорода относительно азота в растворенном газе выше, чем в воздухе. При  $0^\circ C$  отношение  $O_2/N_2$  в воде более чем в 2 раза выше, чем в воздухе. Смешение метеорных вод с горячим глубинным флюидом приводит к переходу этих компонентов в газовую фазу из-за падения растворимости с повышением температуры. Отсутствие добавок к теплоносителю глубинного кислорода косвенно подтверждается тем, что отношение  $O_2/N_2$  в теплоносителе практически никогда не превышает таковое для газа, растворенного в воде, а отношение  $O_2/Ar$  никогда не превышает это отношение для воздуха.

Анализ соотношения кислорода, азота и аргона в газах теплоносителя Мутновского месторождения показал, что их состав формируется при участии трех составляющих: (1) глубинного флюида, (2) метеорных вод с растворенными воздушными газами и (3) атмосферного воздуха. Наличие воздуха в анализируемом газе может быть либо результатом его подсоса в скважину, либо происходит в процессе пробоотбора. Оценка относительной доли глубинной и метеорной составляющих может дать дополнительную информацию о гидрогеологическом режиме месторождения и быть потенциально полезной с точки зрения продуктивности различных его участков.

Для проведения таких расчетов помимо данных о составе газа и его доли в теплоносителе, концентраций газов в метеорной воде при заданной температуре и составе атмосферного воздуха, не хватает информации о составе глубинного флюида. Такая информация была получена путем анализа графика  $O_2-N_2-Ar^*10$ . Подавляющее число точек состава газов для разных скважин на этом графике находятся в пределах треугольника, две вершины которого отвечают составу воздуха и составу растворенного в воде газа. Третья точка находится на стороне  $N_2-Ar^*10$  и отвечает соотношению  $Ar^*10/N_2 \sim 0.19 - 0.20$ . Исходя из этих полученных данных, были проделаны оценки соотношения гидротермальной, метеорной и воздушной составляющих в теплоносителе разных скважин. Доля последней крайне низка, но существенно влияет на расчеты. Расчетные доли метеорной составляющей колеблются в очень широких пределах: от первых процентов до более 90%. Несомненно, проделанные оценки подвержены достаточно большой неопределенности, вызванной как сделанными допущениями, погрешностями отбора и анализа, так и упрощенной моделью взаимодействия потоков глубинного флюида и метеорных вод. Тем не менее, представляется, что данный подход может быть полезен для расчетов состава гидротермального раствора и анализа процессов в геотермальном резервуаре.

## РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СОВРЕМЕННЫХ ВУЛКАНОГЕННЫХ ГИДРОТЕРМАХ КАМЧАТКИ

**Николаева А.Г.<sup>1</sup>, Алехин Ю.В.<sup>2</sup>, Карпов Г.А.<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> *Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

Особенностью редкоземельных элементов (РЗЭ) – лантаноидов является близость их физических и химических свойств, что обуславливает их однотипное поведение в процессах трансформации вещества. Предполагается, что при магматической дистилляции, а также при выщелачивании из пород они сохраняют свои первоначальные соотношения в образующихся растворах. Это позволяет использовать РЗЭ для генетических построений.

К настоящему времени известно мало статей, в которых приводятся данные о содержании РЗЭ в современных вулканогенных гидротермальных системах, хотя опубликован достаточно большой материал о содержаниях РЗЭ в океанских гидротермах.

В нашей работе, на базе ISP-MS анализов, рассматриваются особенности геохимии РЗЭ в разных гидрохимических типах наиболее известных современных вулканогенных гидротермальных систем Камчатки. Ярко выраженной общей закономерностью является, как и предполагалось, довольно выдержанное содержание рассматриваемых элементов практически во всех гидрохимических типах гидротерм Камчатки, на 1.5 – 2 порядка превышающее их содержание в морской воде и приближающееся к содержанию во флюидах подводно-океанических гидротермальных полей.

В вулканогенных гидротермальных растворах всех рассмотренных гидрохимических типов наблюдаются ярко выраженные положительные аномалии Се и Yb и отсутствие отрицательной аномалии Eu, что резко отличает их как от морской воды, так и подводно-океанических флюидов. Общим также является относительный дефицит тяжелых РЗЭ и четкое выдерживание правила Оддо-Гаркинса: четные элементы имеют более высокие содержания, чем нечетные.

Литофильная природа РЗЭ отчетливо проявилась в вулканогенных гидротермах застойного и слабопроточного режимов. Так, кислые, Cl – SO<sub>4</sub> / Ca-Fe-Al-Mg-Ca гидротермы кратерного озера Троицкого на вулкане Малый Семячик отличаются на 2–3 порядка более высоким содержанием всех исследованных элементов. Аналогичная картина, но в значениях на порядок меньше, наблюдается в также кислых Cl-SO<sub>4</sub> гидротермах оз. Банное и оз. Хлоридное в кальдере вулкана Узон и близких им по составу источниках Дачных (Северо-Мутновская гидротермальная система), являющихся, по нашему мнению дериватами Cl – Na гидротерм. По данным [Дубинин, 2006] при повышенных температурах в гидротермах с достаточно высоким содержанием Cl-ионов и низким рН редкоземельные элементы переносятся, главным образом, в виде свободных ионов и комплексных соединений с Cl. В нейтральных водах преобладают гидратные формы переноса.

Бимодальное распределение содержаний РЗЭ в параметрах  $C_{\text{элемент}} - \text{pH}$ , а также характер дифференциации состава и содержаний РЗЭ в гидротермальных системах разных гидрохимических типов растворов, может свидетельствовать о том, что источником рассматриваемых элементов в гидротермах могут быть как вмещающие породы, из которых происходит интенсивное выщелачивание микроэлементов при кислых рН, так и глубинный магматический флюид (с близнейтральными и щелочными характеристиками рН).

На несомненное присутствие глубинной составляющей в составе вулканогенных гидротерм указывают, по нашему мнению, корреляции содержаний РЗЭ и Cl-иона, В и As, особенно хорошо проявляющиеся в высокотемпературных Cl – Na растворах.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОВЕДЕНИИ РТУТИ В ЗОНЕ ГИПЕРГЕНЕЗА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

**Нуждаев А.А.<sup>1</sup>, Рычагов С.Н.<sup>1</sup>, Степанов И.И.<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> *ОАО «Александровская опытно-методическая экспедиция», Александров, Владимирская обл.*

Изучение геохимии ртути в различных геологических структурах остается одной из фундаментальных научных проблем, имеющих также большое прикладное значение. Исследование поведения ртути в земной коре используется для решения широкого спектра поисковых задач в связи с способностью ртути создавать геохимические ореолы рассеивания вокруг рудных месторождений, изучения геодинамики зон перехода океан-континент и областей тектоно-магматической активизации, картирования флюидопроявляющих глубинных разломов и нефтегазоносных структур. Активно ведется выявление участков техногенного заражения в районе крупных городов и оценка влияния этих новейших геохимических аномалий на здоровье человека, решение многих других проблем. Исследование распределения ртути на геотермальных месторождениях обычно связано с задачами поискового характера: обнаружение зон, контролирующее восходящие потоки газов и парогидротерм, изучение строения термоаномалий на дневной поверхности и на глубине, выявление ртутной минерализации, и др.

В настоящей работе обсуждаются новые данные о распределении ртути во вмещающих вулканогенно-осадочных и магматических горных породах, и в гидротермально-метасоматических новообразованиях (гидротермальных глинах, аргиллизированных почвенно-пирокластических отложениях, кремнистых и лимонит-гематитовых «плащах», донных осадках, солевых выпотах различного состава, монофракциях пирита), типичных для зоны гипергенеза геотермальных месторождений Курило-Камчатской островной дуги. На примере пародоминирующего Нижне-Кошелевского и вододоминирующего Паужетского геотермальных месторождений, термальных полей Кошелевского вулканического массива и Камбального хребта (Южная Камчатка) показано значение ртути как элемента-индикатора температуры, фазового состояния и динамики гидротерм, интенсивности процессов аргиллизации пород, относительного возраста (зрелости) геотермальных месторождений и термоаномалий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-05-00009а) и Президиума ДВО РАН (проекты 09-II-CO-08-006, 09-III-A-08-418, 11-III-B-08-201).

## НОВОЕ В МИНЕРАЛОГИИ ВУЛКАНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗОНЫ ПЕРЕХОДА КОНТИНЕНТ ОКЕАН

**Округин В.М., Чубаров В.М., Москалева С.В., Философова Т.М., Округина А.М., Андреева Е.Д., Ким А.У., Пузанков И.М., Шишканова К.О., Буханова Д.С.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

**Объекты исследований** – месторождения и рудопроявления: Сергеевское, Малетойваям, Спрут, Аметистовое, Кумроч, Озерновское, Ваняйваям, Агинское, Бараньевское, Золотое, Вилючинское, Быстринское, Родниковое, Мутновское, Асачинское, Валентиновское (Камчатка, Курилы); Тоеха, Хишикари (Япония).

**Методы исследований:** локальный рентгеноспектральный с электронным зондом, сканирующая электронная микроскопия, аналитическая химия, рентгенофазовый.

### **Результаты:**

1. диагностированы редкие для Камчатки минеральные фазы (ютенбогардит, колорадоит, интерметаллические и кислородные соединения теллура с золотом, серебром, свинцом, висмутом);

2. установлены широкие вариации мышьяка, свинца, сурьмы, селена и теллура в пиритах; железа, марганца, кадмия, индия, олова, ртути в сфалеритах; селена в галенитах, сурьмы, мышьяка в арсенопиритах; сурьмы, мышьяка, серебра, ртути, кадмия, марганца, селена, теллура, индия и висмута в блеклых рудах; марганца, магния, железа и стронция в карбонатах; магния, железа в хлоритах; бария в адулярах.

## НОВАЯ ТЕКТОНОМАГМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ РУДНЫХ ТЕЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ШАНУЧ»

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

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

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

Согласно традиционным представлениям «Шанучевское» месторождение относится к группе магматических месторождений, образовавшихся в процессе дифференциации металлоносной магмы непосредственно из расплава. Это месторождение возникло в процессе внедрения и последующего за ним остывания и кристаллизации магмы основного состава, содержащей сернистые соединения металлов. Рудосиликатная магма при охлаждении разделялась на две несмешивающиеся жидкости – силикатную и рудную, раздельная кристаллизация которых и привела к образованию месторождения ликвационного типа.

Рудообразование является геологическим процессом, обусловленным нарушением динамического равновесия геологической среды и сопровождающееся перемещением больших масс вещества, в том числе, и рудных компонентов. В зависимости от тектонической обстановки рудный материал мог 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.

По последним данным на месторождении «Шануч» известно пять рудных залежей сульфидных медно-никелевых руд: № 1, 2, 3, 4 и 5. Структурная приуроченность потенциально рудоносных интрузивных тел к узлам пересечения тектонических нарушений субширотного простирания с нарушениями субмеридионального и северо-западного простирания определяет морфологию рудных залежей месторождения. Разрывные нарушения субширотного простирания, считаются отражением Ичинского глубинного широтного долгоживущего разлома, являются магмо- и рудоконтролирующей структурой. Более молодые разрывные нарушения северо-восточного и северо-западного простирания имеют характер взбросов, и смещают все образования района месторождения. При этом четко устанавливается их послерудный характер, что фиксируется смещением рудных залежей с амплитудой в первые десятки метров.

Таким образом, приведенные данные позволяют по-новому подойти к проблеме образования месторождения «Шануч». А именно, в начальный момент после внедрения и остывания первичного магматического расплава существовала *одна единственная* рудная залежь, которая в дальнейшем, вследствие тектонических сдвигов, была разделена на отдельные рудные тела, наиболее изученными из которых, на сегодняшний день, являются рудные тела №1, 2, 3.

Как известно, все медноникелевые месторождения мира и их рудопроявления, как и «Шануч», пространственно и генетически связаны с однотипными магматическими образованиями, дифференцированными интрузиями норильского типа. Возможно, что предложенная нами новая тектономагматическая модель образования медноникелевого месторождения «Шануч» окажется полезной и при объяснении особенностей рудопроявления других месторождений мира.

**МИГРАЦИЯ КАТИОНОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ГЛИНАХ: К ВОПРОСУ О КРИТЕРИЯХ МЕТАЛЛОНОСНОСТИ ГАЗО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ФЛЮИДОВ**

**Рычагов С.Н.<sup>1</sup>, Давлетбаев Р.Г.<sup>1</sup>, Ковина О.В.<sup>1</sup>, Сергеева А.В.<sup>2</sup>, Соколов В.Н.<sup>3</sup>, Чернов М.С.<sup>3</sup>, Щегольков Ю.В.<sup>4</sup>**

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

<sup>2</sup> *Воронежская государственная технологическая академия, Воронеж*

<sup>3</sup> *Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва*

<sup>4</sup> *ФГУП ЦНИГРИ, Москва*

На основе комплексного изучения толщи гидротермальных глин, залегающих на геотермальных полях, обсуждаются условия формирования катионного состава аргиллизированных пород. В гидротермальных глинах под воздействием газо-водных флюидов и поровых растворов образуются аморфные и кристаллические минеральные фазы, изоморфные минеральные смеси. Большую роль в их составе играют катионы ряда металлов (Fe, Al, Ti, Na, Mg, Ca), а также Si, C, N, S, летучие соединения. Источником катионов служат как вмещающие горные породы (гидротермально-метасоматические новообразования, гидротермальные глины, солевые отложения, др.), так и глубинный флюид. Таким образом, в структуре геотермальных аномалий и месторождений формируется единая система «газ – раствор – минерал – порода», каждый элемент которой участвует в транспорте, накоплении и перераспределении химических элементов, в т.ч. металлов.

Такой подход к изучению геохимии современных геотермальных систем может служить основой для разработки критериев металлоносности газо-гидротермальных флюидов и минеральных новообразований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 10-05-00009а, 10-05-00503а) и Президиума ДВО РАН (проекты 09-II-CO-08-006, 09-III-A-08-418, 11-III-B-08-198).

## ОТЛОЖЕНИЯ «ГЛУБИННЫХ ВОД» ИЗ СКВАЖИН МУТНОВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Чернев И.И., Округин В.М., Округина А.М., Косоруков В.Л.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

**Объекты исследований:** термальные воды, отобранные с больших глубин по эксплуатационным скважинам Мутновского геотермального месторождения с помощью специальной аппаратуры.

**Методы исследований:** сканирующая аналитическая электронная микроскопия, индукционно связанная плазма, классическая аналитическая микроскопия, локальный рентгеноспектральный с электронным зондом,

**Результаты:** в осадках из термальных вод установлены следующие минералы: галит, тенардит, гипс, карбонаты, кварц, адуляр, вайрацит, пирит, сфалерит, галенит, арсенипирит, самородные металлы (?). По своему химическому составу, особенностям распределения элементов-примесей сульфиды осадков сопоставимы с таковыми, слагающими руды, располагающегося в непосредственной близости Мутновского вулканогенного комплексного золото-серебро-полиметаллического месторождения. «Глубинные» термальные воды, отобранные из эксплуатационных скважин Мутновского геотермального месторождения могут рассматриваться в качестве гидротермальных рудообразующих растворов, сходных с теми, что обусловили формирование промышленных запасов Мутновского золото-серебро-полиметаллического месторождения.

## **Секция стендовых докладов**

## ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ МИГРАЦИИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ОТ ИХ ЭНЕРГИИ (ОБЪЕМА ВЫБРОШЕННОГО МАТЕРИАЛА)

**Акманова Д.Р., Викулин А.В.**

*Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатски*

С использованием данных построенной нами электронной базы данных вулканических извержений продолжено изучение процесса их миграции вдоль окраины Тихого океана. Методика исследования описана в (Акманова и др., 2009; Викулин, Акманова и др., 2009; Викулин, Акманова и др., 2010; Викулин, Мелекесцев и др., 2010).

Получены новые данные о скоростях миграции вулканических извержений, которые сводятся к следующему. Миграция вулканических извержений изучалась в разных диапазонах  $W \geq 1; \geq 2; \dots, \geq 6$  (в соответствии со шкалой Simkin & Siebert  $W$  пропорционально логарифму объем изверженного материала в  $m^3$ ). В каждом из диапазонов выявлялись все возможные цепочки, при условиях числа извержений в одной цепочке 3 и более, и одно извержение учитывается один раз. Числа выявленных цепочек в диапазонах  $W \geq 1; \geq 2; \dots, \geq 6$  составили:  $N = 50; 45; 23; 14; 9; 6$ , соответственно. По этим значениям отчетливо выявляется следующая зависимость:

$$\lg N = -0.2W + 2.$$

Для каждого диапазона  $W \geq 1; \geq 2; \dots, \geq 6$  определялась средняя скорость миграции  $V$ , значения которых составили  $V = 75; 61; 63; 19; 13; 3$  км/год. По этим значениям отчетливо выявляется следующая зависимость:

$$\lg V = -0.3W + 2.3.$$

Полученные новые данные указывают на то, что вулканический планетарный процесс имеет достаточно сложную волновую природу.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ КРИОЛИТОЗОНЫ С ИЗВЕРЖЕНИЯМИ ВУЛКАНОВ И СОСТОЯНИЕМ ИХ ОКРЕСТНОСТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНОВ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ (КАМЧАТКА)

**Андреев В.И., Кляпицкий Е.С.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Криолитозона – верхний слой земной коры, характеризующийся низкой температурой, включающий в себя мерзлые породы и подземные льды. Криолитозона занимает порядка 65% площади РФ, достигая в междуречье Лены и Енисея мощности 1,5 км. и простирается до 50 й широты и даже немного южнее.

На Камчатке и острове Парамушир распространение криолитозоны носит островной характер. В некоторых районах, например на Ключевской группе вулканов мощность криолитозоны, согласно данным К.А. Кондратьевой и Э.Д. Ершова (1987) достигает 150 м.

В 1976–1977 гг. в бортах провалов к западу от г. Высокой (Южная окраина Толбачинских вулканов), обнажился захороненный лед мощностью 2,0–2,5 м, наблюдавшийся затем в течение ряда последующих лет до конца XX века. Захороненный снег и фирн мощностью до 1,5 м на дне некоторых провалов наблюдался в августе – сентябре 2003–2005 гг. В интервале высотных отметок 1000–600 м в последние годы фиксировались в рыхлых породах концентрические просадки диаметром 0,5–1,0 м, глубиной в пределах 1 м. Как отмечалось выше, в течение последних 30 лет продолжается углубление каньона, образованного лавовыми потоками Второго конуса Северного прорыва. По нашему мнению, всё это свидетельства таяния мерзлых пород, по крайней мере, их верхнего слоя. Скважина глубиной 55 м, пробуренная у северо-западного подножья 3 его конуса Толбачинского извержения 1975 г, вскрыла два прослоя почти чистого льда на глубине ~20 м и не вышла из криолитозоны.

Взаимодействие лавового потока побочного прорыва Ключевского вулкана Белянкина (извержение 1953 г.) с остатками ледника Сопочного вызвало фреатический взрыв, оставивший воронку глубиной 10 и диаметром 20 м. По нашим оценкам для образования такой воронки было необходимо испарить ~ 2 м<sup>3</sup> льда. Подобные фреатические взрывы происходили при затекании лавовых потоков Северного прорыва БТТИ на небольшие компактные скопления снежников перелетков и фирна (Андреев В.И., Андреев В.Н., 1978).

Через 2 года после окончания Толбачинского извержения в кратере 1 ого конуса Северного прорыва и у его южного подножья в августе – сентябре зафиксировано формирование мерзлых пород, продолжающееся в течение последующих 30 лет (Андреев и др., 2007)

Кроме заметного взаимодействия криогенных образований с вулканитами во время фреатических взрывов и формирования криогенных пород, значимы явления, происходящие при встрече поднимающейся эруптивной колонны с криолитозонной (Мелекесцев, устное сообщение).

Цель представляемой работы попытка освещения трех вопросов:

1. Условия возникновения и существования криолитозоны.
2. Является ли современная криолитозона Камчатки реликтом, сохранившимся от более холодных времен (двух последних оледенений)?
3. Влияет ли криолитозона на извержения вулканов?

## НАКЛОНОМЕРЫ APPLIED GEOMECHANICS НА КАМЧАТКЕ

**Бахтиаров В.Ф.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

В августе-сентябре 2010 года на Камчатке были установлены несколько наклономеров типа APPLIED GEOMECHANICS 701–2A. Наклономер имеет чувствительность  $\sim 0.005$  мкг, коэффициент преобразования близок к  $1$  мкг/mv, в небольших пределах варьируется для конкретного датчика. Питание  $\pm 12$  в, ток потребления каждого плеча  $\sim 5$  ма. Реальная динамическая чувствительность наклономера  $< 0.005$  мкг, долговременная стабильность не хуже  $0,1$  мкг, динамический диапазон выходного сигнала  $\pm 9$  в. Температура датчика измеряется с точностью  $\sim 0.1^\circ\text{C}$ .

Рассматриваются вопросы установки, организации питания, оцифровки сигнала и структуры базы данных. Приводятся временные ряды осредненного сигнала и записи некоторых землетрясений с оцифровкой  $100$  Гц.

## СВЕТОДАЛЬНОМЕР СПЗ НА МИШЕННОЙ В 2008–2011 ГОДАХ

**Бахтиаров В.Ф.<sup>1</sup>, Мирошников В.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

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

В феврале 2008 года в обсерватории Мишенная была установлена автоматизированная система для измерения горизонтальной деформации по линии Мишенная-Сигнальный (MISH-SIGN). Дистанция измеряется инфракрасным светодальномером СП-3. Отсчеты дальномера и необходимые для дальнейшей обработки метеопараметры (давление и температура) регистрируются компьютером и ежедневно передаются в центр обработки. Здесь результаты обрабатываются и архивируются. Для более точной атмосферной коррекции, кроме метеоданных, полученных с Мишенной, используются метеоданные, измеренные на сейсмостанции Петропавловск GPS станцией PETS. Высота PETS и отражателя на мысе Сигнальный почти одинаковая, что позволяет корректно вычислить метеопоправку «по двум концам».

Длина линии MISH-SIGN 3.8 км, превышение -328м, азимут 175°. Представляются результаты (временной ряд) наблюдений и технические особенности системы.

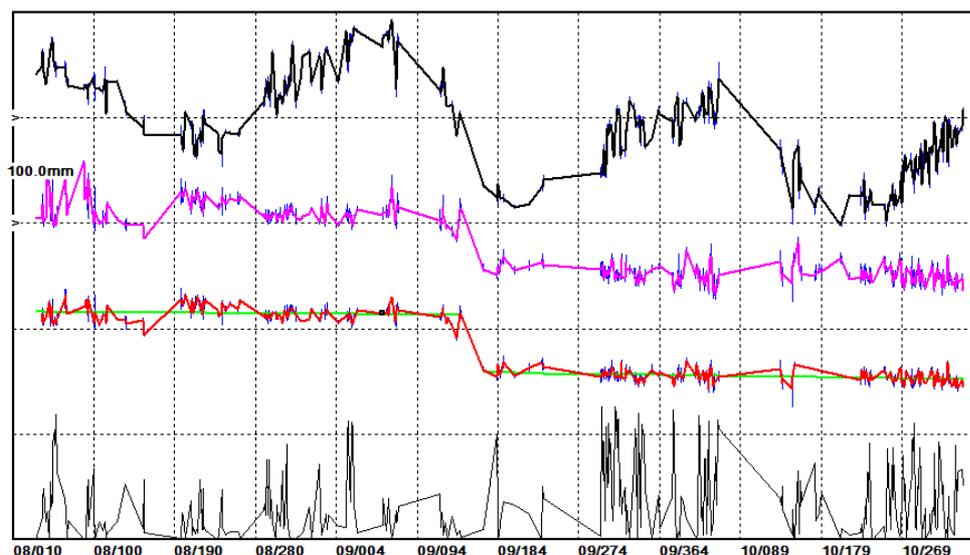


Рис. 1 Результаты светодальномерных наблюдений по линии Мишенная-Сигнальный в 2008–2010 гг.

Каждая точка – это суточное осреднение. Верхний черный график – «сырые» отсчеты СП-3. При хорошем сигнале в сутках может быть более 1000 отсчетов, их количество представлено нижним графиком (масштаб по вертикали 1000). Розовый график – коррекция только по метеоданным Мишенной. Красный – коррекция по «двум концам». Ступенька в начале 2009 года – технологическое смещение штатива.

Наиболее интересный и важный результат – это сжатие со скоростью порядка 2 мм/год = 0.5 ppm/yr (зеленая линия).

## ФИЗИКО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ГЛИН ВОСТОЧНОГО ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ ПАУЖЕТСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Богатко Н.П., Карташева Е.В., Дунин-Барковский Р.Л.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В полевой период 2010 г. были проведены работы по изучению петрофизических, теплофизических и геохимических свойств приповерхностного горизонта (0.5 м) гидротермальных глин на Восточном, Нижнем и Верхнем термальных полях Паужетского месторождения гидротерм.

Актуальность изучения гидротермальных глин Паужетского месторождения связана с тем, что они содержат важную геохимическую информацию о процессах минералообразования в гидротермально-магматических системах.

На примере Восточно-Паужетского поля для установления геохимического барьера минералообразования был выбран участок с контрастными температурными и физико-химическими условиями (очаги выхода парогидротерм), на котором были пройдены два профиля: продольный и поперечный, с отбором проб на вышеуказанные исследования.

Отбор проб производился ручным способом, дюралюминовой трубкой диаметром 50 мм, в вертикальном и горизонтальном разрезах: а) в вертикальном – через каждые 10 см на глубину 0.5 м. б) в горизонтальном – через 0.5 м.

Отбор проб гидротермальных глин ненарушенной структуры (с поверхности) на петрофизические и теплофизические свойства (плотность, пористость, теплоемкость, теплопроводность) осуществлялся в стандартные алюминиевые бюксы с герметичной крышкой. В точке отбора измерялась температура, снимались координаты GPS и фотографировалась колонка извлеченных глин.

Отбор образцов глин на геохимический анализ производился в полиэтиленовые мешочки весом 10–15 г на месте опробывания

На Восточно-Паужетском поле по двум профилям было отбрано 60 проб; на Нижнем поле в приповерхностном горизонте, в характерных точках выхода парогидротерм – 4 пробы; на Верхнем поле – 3 пробы.

В Аналитическом центре Института Вулканологии был проведен рентгенофлуоресцентный анализ «S4 PIONEER» на содержание микроэлементов и элементов пародообразующих минералов. Здесь же производилось определение плотности (удельного веса) всех проб, отобранных на Восточно-Паужетском поле.

Определение теплофизических свойств (теплоемкость и теплопроводность) проводится в Институте земной коры (г. Иркутск) (Дорофеева Р.П).

По результатам аналитических исследований четко определяются геохимические барьеры на всех точках отбора: I профиль. Т1–Т6, на глубинах: 10,30,10 см. II профиль. Т1–Т6, на глубинах: 10, 20, 30,40–50 см.

Геохимические барьеры по глубине соответствуют переходам от пестрых глин, залегающих на поверхности (глубина 10–30 см) к «синим глинам» (более 20 см).

Эти барьеры характеризуются повышенными содержаниями следующих элементов: Ва – до 2564 г/т; V – до 564 г/т; Cr – до 371 г/т; Cu – до 326 г/т; Zn – до 246 г/т; Zr – до 389 г/т; Sc – до 49 г/т.

Результаты определения плотности глин (удельный вес) фиксируют повышенные значения при переходе от пестрых глин к «синим» глинам (от 2.58 до 3.09 г/см<sup>3</sup>).

Минералогические исследования подтвердили присутствие на геохимических барьерах повышенного содержания пирита (до 80% в шликсе), форма кристаллов его исключительно – гексаэдры (куб), что свидетельствует о низкотемпературном современном минералообразовании. Также обнаружен баритсодержащий минерал (предположительно цельзиан), чем объясняется высокое содержание Ва в глинах. Обнаружены также в небольших количествах – барит и цеолиты – предположительно гейландит и филлипсит.

Впервые нами были обнаружены на геохимических барьерах барит и цельзиан (?).

## НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ПОРОД СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ О. ПАРАМУШИР

**Бойкова И.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В 2003–2004 гг. ОАО «Сахалинская гидрогеологическая экспедиция» с целью поиска геотермального теплоносителя в бассейне р. Птичьа пробурена скважина № 4–ГП глубиной 1270 м. Скважина вскрыла толщу вулканогенно-осадочных пород с характерным чередованием туффигов и туфов псефито-псаммито-алевролитовых лито-кристаллокластических андезитового, андезидацитового, дацитового состава. С глубиной состав пород меняется от андезитового до дацитового.

При взаимодействии первичных магматических минералов с циркулирующими в породах гидротермальными растворами образуется весьма обширная группа вторичных гидротермальных минералов, формирующих метасоматическую зональность гидротермальной системы и отражающих конкретные физико-химические условия взаимодействия "раствор-порода" на гидротермальном этапе развития. Среди минералов этой группы самое широкое развитие имеют слоистые силикаты – монтмориллонит, смешанослойный иллит-монтмориллонит, хлориты. Также, широкое развитие имеют каркасные алюмосиликаты группы цеолитов, группы полевых шпатов; окислы - кварца, гематит, карбонаты, сульфиды, эпидот, пренит. Достаточно отчетливо проявлено наложение метасоматических изменений монтмориллонит-цеолитовой фации на уже сформированные пропилиты.

Выявлена последовательная смена в разрезе следующих метасоматических зон (сверху-вниз): смектит-селадонит-опал; иллит-хлорит-кальцитовая; иллит-монтмориллонит-пренит-цеолитовая. Такая вертикальная метасоматическая зональность формируется в периферических условиях от оси основного восходящего потока гидротермальных растворов основного гидротермального резервуара, при значительно меньшей общей проницаемости пород и интенсивном задавливании холодными метеорными водами сверху. В этом случае происходит плавное понижение температур в разрезе (небольшой геотермический градиент) и процесс вскипания гидротерм отсутствует, либо проявлен настолько слабо и локально, что не определяет в явном виде метасоматическую зональность. При этом значительно увеличивается мощность монтмориллонит – цеолитовой зоны, соответствующей циркуляции гидрокарбонатно-кальциевых нагретых до 150 – 200° С метеорных вод и система становится открытой по отношению к кислороду воздуха.

## К ПРОБЛЕМЕ ЧЁРНОГО МОРЯ

**Васильев Г.Ф.<sup>2</sup>, Аникин Л.П.<sup>1</sup>, Дунин-Барковский Р.Л.<sup>1</sup>, Дядин В.И.<sup>1</sup>,  
Мушинский А.В.<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> *Администрация г. Петропавловска-Камчатского*

Море это известно с глубокой древности. Греки знали его под именем Понта Эвксинского и с незапамятных времён строили на его берегах порты и города. Мореплавателей привлекали морские ресурсы, золото Кавказа (в Колхиду за «Золотым Руном»), многообразие красивейших бухт и издревле известные винодельческие богатства Крыма.

Однако, за буйный неукротимый нрав в штормы, особенно у Цемесской бухты, не зря наше море зовётся Чёрным.

Дело в том, что, несмотря на значительные глубины, более 1000 м, Чёрное море со 100 и даже 50 метров необитаемо! В связи с резкой пересыщенностью сероводородом; концентрация его выше, чем в любом другом море.

Многие исследователи полагали, что это происходит за счёт сноса впадающими в Чёрное море реками Дунаем, Днестром, Доном, Днепром, Кубанью, Кавказскими реками большого количества различного органического материала. Мелководные проливы Босфор и Дарданеллы не справляются с процессами оборота-переработки Черноморских осадков.

Однако, это не основная причина накопления сероводорода. Главный источник это пять действующих вулканов на дне Чёрного моря /Расположение вулканов в Чёрном море дано на Схеме/, обладающие эффективной фумарольной деятельностью. При этом выделяются сернистый газ и сероводород.

В 1924 году в Чёрном море произошло семибалльное землетрясение, повлекшее за собой могучее цунами. Из моря выплеснулся сжиженный сероводород и начались сильнейшие пожары непосредственно на воде. Результаты обследования масштабов и последствий этой катастрофы были тщательно засекречены. Только в последние годы стала открываться реальная картина этой природной катастрофы.

Один из главных фигурантов, вулкан Новороссийский, расположен непосредственно в центре Цемесской бухты и прямо над ним проходят Транспортные маршруты кораблей Новороссийского порта.

Всем памятна загадочная и абсурдная с точки зрения стечения обстоятельств катастрофа, – гибель теплохода «Адмирал Нахимов», протараненного сухогрузом «Васёв», произошедшая исключительно по вине капитана и рулевого. Из материалов расследования катастрофы бросается в глаза совершенная несуразность ответа рулевой команды «Васёва» на бедственный сигнал с «Адмирала Нахимова», «Ничего! Мы проскочим!» А через пару минут сухогруз «Васёв» расколол теплоход пополам! Погибла не одна тысяча человек!

Возможно, в этот момент произошел выброс порции газа из фумаролы Новороссийского вулкана, в газовой смеси оказалась ещё и закись азота, то есть веселящий газ, подействовавший как кратковременный, очень активный наркоз. Посему «Васёвцам» всё происшествие представлялось весёленькой шуткой!

Через несколько лет после гибели теплохода «Адмирал Нахимов» в акватории Цемесской бухты затонул ещё один пароход. Условия гибели также таинственны. При обследовании водолазами дна на месте гибели транспорта обнаружено ГИГАНТСКОЕ кладбище кораблей, начиная с греко-римских галер, заканчивая всеми типами и размерами кораблей «всех времён и народов»!

Таков мартиролог Цемесской бухты, – результат «работы» Новороссийского вулкана.

Имеется интересное технико-технологическое продолжение в развитие этой темы.

Чёрное море в сегодняшнем состоянии, это водородная бомба замедленного действия, причём, с возможными масштабами последствий глобальной экологической катастрофы! Есть прямой смысл и реальная возможность перейти к «утилизации» столь опасной Цемесской (Ченоморской) кладовой.

Поскольку Черноморские вулканы действуют уже не одну тысячу лет и не собираются на этом останавливаться, то Запасы СероВОДОРОДА (подчеркнём, – Серы и Водорода) неограниченны. Технологические разработки нашей Группы позволяют деструктурировать этот газ, разделив его на серу и водород. Утилизировать серу не составляет никакой сложности.

Что же касается водорода, то имеющиеся в одном из месторождений Кавказа громадные запасы элемента платиновой групп, палладия, позволяют в одном объёме палладиевой губки растворять до 1000 объёмов водорода.

В результате Россия становится

1. Глобальным поставщиком неограниченных количеств современного экологически выгоднейшего топлива, – водорода.

2. Спасителем Европы (да и Мира) от возможного срабатывания «Черноморской бомбы замедленного действия»!

Особо подчеркнём, что при прокладке газопровода по дну Чёрного моря и подводных сварочных работах жидкий сероводород обязательно загорится. Это и будет включением запала «Бомбы замедленного действия!» То есть произойдёт Глобальная Катастрофа!

## КО ДНЮ ВУЛКАНОЛОГА

**Аникин Л.П.<sup>1</sup>, Васильев Г.Ф.<sup>2</sup>, Дунин-Барковский Р.Л.<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> *Администрация г. Петропавловска-Камчатского*

Презенты – три события, относящиеся к деятельности нашего ВТК.

1. 27 января 2010 года Институту вулканологии и сейсмологии выдан Патент Российской Федерации, №2380437, по изобретению «Способ извлечения меди из сульфидных или окисленных руд и их концентратов» Авторы изобретения Аникин Л.П., Васильев Г.Ф., Дунин-Барковский Р.Л., Дядин В.И., Мушинский А.В., Шароватов А.Е., Шувалов Р.А.

Медную руду дробят до размерности 3–5 мм, помещают в ванну из нержавеющей стали и заливают морской водой, Сюда же помещают два катализатора. Через сутки, при комнатной температуре, без подачи электропитания, на дне ванны отлагается металлическая медь, в виде пластинчатых кристаллов различной величины, до двух см. При этом процессе возникает ток до 0,62 вольта!

Какое это имеет отношение ко Дню Вулканолога и вообще к вулканологии? Прямое. Медное оруденение Камчатки тесным образом генетически связано с вулканической и поствулканической деятельностью.

2. При рытье траншеи газопровода Соболеве – Петропавловск строители в 2010 году вскрыли на протяжении более километра несколько горизонтов снежнобелых мелоподобных отложений. Мощность слоев от 3–5 сантиметров до метра. Материал мягкий на ощупь. Химический анализ (Аналитик Карташева Е. В.) установил наличие 95% кремнезёма и потерю при прокаливании (п.п.п.), представленную водой. Есть примесь глинозёма. Микроскопически материал состоит из хорошо сохранившихся весьма разнообразных по форме скелетиков диатомей. Термостойкость материала не менее 1400 С, без видимых следов плавления. В смеси с раствором NaOH материал за два часа превращается в жидкое стекло отличного качества. Смесь материала с окисью кальция и щёлочью при температуре 250 – 300°C превращается в пектолит  $\text{NaCa}_2\text{Si}_3\text{O}_9$  (ОН). Прочность его более 600 кг/м. В смеси с дроблёными (1–2 мм) кремнистыми породами, окисью кальция и щёлочью, диатомит превращается в огнеупор термостойкостью до 1350°C, для котельных. Отложения диатомей – продукт био-хемогенной переработки пеплов извержений Авачинского и Корякского вулканов.

3. В январе текущего года при изучении шлихов из отложений ручья Мелькомбинатовский, нами в тяжёлой фракции установлены следующие минералы: Рутил:  $\text{TiO}_2$ , Карбиды кремния:  $\text{Si}_m\text{C}_n$ , Ильменит:  $\text{FeTiO}_3$ , Гранат, Оливин:  $(\text{FeMg})_2\text{SiO}_4$ , Корунд:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Пироксен.

В этой же тяжёлой фракции шлиха нами встречен кристалл алмаза, слегка удлинённый бесцветный октаэдр. Размер кристалла 0,1 мм, грани хорошо образованы. На них треугольные фигуры роста. Рёбра кристалла без сколов. Показатель преломления и твёрдость очень высокие. Двупреломление отсутствует. Алмаз, как и его спутники, – продукт денудации меловых вулканитов, пронизанных диатремами. Отмыто около ста кг материала. Тем не менее, алмаз мы в нём установили, в качестве подарка ко Дню Вулканолога!

Краткое резюме. Институтом вулканологии и сейсмологии ДВО РАН в 2010 г. Получен Патент по получению меди из руд при комнатной температуре с помощью морской воды. Трасса газопровода в том же году выявила крупное (сотни тыс. т.) месторождение высококачественного кремнезёма. В 2011 году в Центре Петропавловска впервые найден алмаз.

## ПРОБЛЕМА ГЕНЕЗИСА ПЯТНООБРАЗНЫХ ОСВЕТЛЕНИЙ В ПОЧВЕННО-ПИРОКЛАСТИЧЕСКИХ ЧЕХЛАХ КАМЧАТКИ

**Гвоздкова А.А., Кравчуновская Е.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В бухтах Жировая, Малая Саранная и Виллюй на морских аккумулятивных террасах нами был отмечен почвенный процесс, проявляющийся в виде своеобразных пятен осветления. По всей видимости, процесс этот распространён на Камчатке достаточно широко, поскольку в ходе изучения почвенно-пирокластического чехла исследователями неоднократно отмечались подобные пятна. Однако, в литературе, посвященной почвам Камчатки, этот процесс «пятнистого» осветления почвенного профиля отражения не нашёл. Проблема генезиса пятнообразных осветлений в почвенно-пирокластических чехлах Камчатки представляется важной.

В ходе полевых работ, проведённых в июле 2010 г. в бухте Жировая, пятна были впервые подробно описаны. Пятна встречаются в почвенных профилях на наиболее древнем участке песчаной морской террасы, возраст которого, по данным тефрохронологии, превышает ~1400 лет. Пятна встречаются не ближе 300 м от береговой линии. В аллювиальных отложениях пятна не найдены. Пятна отмечены как в автоморфных условиях на вершинах береговых валов, так и в межваловых понижениях, в шурфах, вскрывающих грунтовые воды (почвы сформированы на легких песчаных отложениях, признаки оглеения отсутствуют). Все описанные пятна приурочены к каменноберёзовым лесам.

В разрезах пятна встречаются в пределах буро-прокрашенного песка и представляют собой осветления по сравнению с окружающим бурым фоном. Область осветления представляется более рыхлой, чем сцементированный бурый фон. Пятна имеют округлую сложную форму, их диаметр составляет от 1 до 5 см. Они непрерывно осветляют материал, вне зависимости от его состава: одно и то же пятно может одновременно затрагивать как вулканический пепел, так и буро покрашенную песчаную толщу. Пятна не преобразуют материал механически. Концентрация пятен от шурфа к шурфу существенно различается. Ареалы распространения пятен в разрезах различаются по глубине, мощности и стратиграфической приуроченности пятнистого горизонта.

Известные на сегодня в почвоведении варианты образования пятен осветления не объясняют происхождение описанных нами пятен. На основании морфологических описаний 43 почвенных разрезов выдвигается предположение, что пятна являются проявлением своеобразного выноса вещества, возможно, с участием микроорганизмов.

## МОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА ИЗВЕРЖЕНИЙ КАРЫМСКОГО ВУЛКАНА В ПЕРИОД 1996–2010 ГГ.

**Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В., Магуськин М.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В ночь с 1 на 2 января 1996 г., после 13,5 лет затишья, пробудился вулкан Карымский. Извержение, начавшись в аккомпанементе уникальных новогодних событий 1996 г. в Карымском вулканическом центре (сильнейшего землетрясения в континентальной части Камчатки и исключительного извержения в кальдере Академии наук), продолжается по сей день.

Значительная роль в исследовании данного извержения лабораторией геодезии и ДМИ отводится фотограмметрическому методу. На основе аэрофотосъёмок Карымского вулкана, произведённых с 1995 по 2010 гг. составлены высокоточные топографические планы кратера и лавовых потоков, определены объёмы лавового поля на каждую дату съёмки и общий объём лавы и пирокластики, изверженных на склоны вулканического конуса с 1996 по 2010 г.

## ФОТОГРАММЕТРИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗВЕРЖЕНИЯ В КАЛЬДЕРЕ АКАДЕМИИ НАУК. (К 15–ЛЕТИЮ СОБЫТИЙ)

**Двигалю В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

С 1 по 3 января 1996 в Карымском вулканическом центре произошёл ряд событий: самое сильное землетрясение из инструментально зарегистрированных в континентальной части Камчатки; пробуждение Карымского вулкана от 13–летнего затишья; исключительно кратковременное, но мощное и значительное извержение в кальдере Академии наук, совершенно непредвиденное.

Последствиями указанных событий явились:

- Изменения очертаний береговой линии озера, рельефа дна и берегов; появление новообразованной структуры – кратера Токарева, сформировавшего п-ов Новогодний в северной части оз. Карымского.
- Размытие прежде крутых берегов озера волнами цунами с высотой заплесков от 10 м в южной части до 50 м в северной, вследствие мощнейших взрывов, сопровождавших извержение.
- Исток реки Карымской был перегорожен взрывным материалом, озеро подпружено, уровень его вырос к 29 февраля 1996 г. на 3,22 м и продолжал расти, но 16 мая 1996 г. начался размыв плотины, паводок вырвался в долину вулканостанции и залил её за несколько часов.
- Напряжения земной поверхности в ареале от центра извержения 02 января 1996 г. до лавового поля конуса Лагерный превысили предел прочности пород, область простирающаяся трещин имеет меридиональную протяженность 2 км., при средней ширине 0,5 км. В данной области имеются также провалы и старые трещины.

По результатам обработки аэрофотосъёмочного материала 1995 – 2006 гг. в лаборатории геодезии и ДМИ составлены топографические планы и карты, детально отображающие вышеперечисленные явления, позволяющие с высокой точностью определить количественные и структурные характеристики событий 01–03 января 2006 г. в кальдере Академии наук и их последствий.

## ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ: ВУЛКАН ЖУПАНОВСКИЙ

**Дроздин В.А. , Дубровская И.К.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Приводятся термоизображения привершинной области вулкана Жупановского, полученные 07.10.2010 г тепловизором TernaCam SC 640 с борта вертолёта МИ-8. Относительная высота съёмки 1000 м. Разрешение составило 0,7 м на 1 пк.

Проводиться сопоставление термоизображений с результатами наземного обследования фумарол вулкана, выполненного А.П. Горшков, Ю.Б.Слёзин в 1970 г.

Максимальные значения радиационной температуры составили:

			2010г	1970г
			Температура °С	
1	северо-западный склон III конуса	нижнее фумарольное поле	45	96
		верхнее фумарольное поле	110	430
2	юго-западный склон II конуса	фумарольное поле	35	114
3	кратер II конуса	воронка «Недоступная»	80	
4	между II и III конусами	воронка «Доступная»	140	410

**НАЧАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ  
МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПЕПЛОВ НЕКОТОРЫХ МАРКИРУЮЩИХ  
ГОРИЗОНТОВ КАМЧАТКИ С ЦЕЛЬЮ ИХ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

**Зубов А.Г.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

С целью идентификации маркирующих горизонтов голоценовых пеплов для повышения достоверности стратиграфических определений была изучена зависимость их магнитной восприимчивости от температуры. Подобные работы для современных пеплов уже были начаты на собственной аппаратуре в ИВГиГ, но прекратились по техническим причинам. На этот раз пеплы изучались на аппаратуре ВНИГРИ чешского производства. Достоинство изучения этого параметра в высокой чувствительности (влияние эффекта Гопкинсона). Недостаток – отражение на форме кривых результатов изменений ферри- и парамагнитных минералов в процессе нагревов, что усложняет описание и трактовку. Было выявлено некоторое внешнее сходство кривых для известных маркирующих пеплов вулкана Шивелуч (Ш2 и Ш3) при наличии заметных различий. В то же время кривые по древним маркирантам из других источников (Ксудач, Опала) проявили совершенно другие формы и другие температуры Кюри. Это показывает полезность и перспективность работ в данном направлении. Наличие связи температуры Кюри титаномагнетитов с термодинамическими параметрами очага извержения делает эти работы особенно интересными для вулканологов.

## РИТМИКА ИЗВЕРЖЕНИЙ НА КЛЮЧЕВСКОМ ВУЛКАНЕ В XX-НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЙ И ВОПРОСЫ ПРОГНОЗА ЕГО АКТИВНОСТИ

**Иванов В.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

На магматическую питающую систему вулкана оказывает влияние тектоническая обстановка в земной коре и мантии Земли, которая непрерывно меняется в результате действия многочисленных факторов. К числу таких факторов относятся длиннопериодные космические факторы, взаимодействие тектонических плит, сильные землетрясения и т.д. (Широков, 1978, 2007, 2008; Широков, Серафимова, 2006, 2008). В результате, извержения какого либо вулкана, как правило, следуют нерегулярно во времени и нередко образуют серии близко отстоящих друг от друга извержений, разделенных сравнительно длительными паузами (Пийп, 1956, 1958). Исследование ритмики в извержениях дает возможность понять, какие факторы влияют на магматическую питающую систему вулкана и оценивать время начала следующего извержения.

Ключевской вулкан, крупнейший в Евразии, есть пример типичного, необычайно активного андезитобазальтового вулкана, который выносит столько же вулканических продуктов, сколько остальные 69 действующих вулканов Камчатки и Курильских островов, вместе взятые. Извержения на нем происходят часто, в среднем одно извержение в два года. Нами впервые были собраны сведения об извержениях вулкана на 96-летнем временном интервале с января 1915 по сентябрь 2010 г.: даты начала и окончания извержений, их продолжительности, длительности пауз между ними и периодов вулканических циклов, характер извержений. Для выделения серий извержений нами анализировалась длительность пауз между ними.

Получены следующие результаты:

1. На указанном временном интервале произошло 44 извержения, т.е. в среднем одно извержение в два года. Извержения занимали примерно одну третью часть всего времени наблюдения, что указывает на беспрецедентно высокий уровень активности этого вулкана – гиганта. Длительности извержений были от 0.4 до 31 мес., в среднем 7 мес.; паузы между извержениями в сериях – от 1 до 27 мес., в среднем 13 мес. Длительности периодов вулканических циклов – от 4 до 40 мес., в среднем 18 мес.

2. На временном интервале с 1915 г. по сентябрь 2010 г. выделяется 6 полных циклов активности и один неполный (текущий). Периоды циклов активности составили от 4 до 24 лет, в среднем 13 лет. Серии извержений каждого цикла включали от 1 до 14 событий и длились от 2 до 19 лет, в среднем 9 лет.

3. В текущей серии произошло 6 вершинных извержений, последнее шестое извержение началось в сентябре 2009 г. и завершилось в начале декабря 2010 г., его длительность была около 15 мес. Продолжительность серии составила 7.7 лет.

4. Длительности 6 предшествующих серий извержений (1920 по 1994 гг.) составили 19, 11.7, 6.3, 2.5, 12.7 и 2.0 лет. Т.е. в прошлом всего три из шести серий были более продолжительными, чем текущая серия. Поэтому вероятность продолжения текущей серии извержений оценивается величиной, равной примерно 0.5. Таким образом, в данный момент для текущей серии извержений нельзя однозначно сказать, продолжится она или нет.

5. В том случае, если серия продолжится, начало следующего извержения Ключевского вулкана следует ожидать через 3–18 мес. после окончания последнего извержения, т.е. в интервале март 2011г. – май 2012г. Если же текущая серия завершится, то следующее извержение Ключевского вулкана следует ожидать только через 3–13 лет, т.е. в 2013 – 2023 гг.

## ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

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

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

<sup>2</sup> *ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Московская обл., Ленинский р-н, п. Развилка,*

Показывается, что измеряя вертикальный градиент горизонтального смещения в скальном массиве вулканического пояса на глубине около 50 м можно непрерывно наблюдать за изменением в нем тектонического давления и, следовательно, наблюдать за изменением во времени нагрузки океанской плиты на островную дугу. Приводятся временные ряды таких наблюдений в вулканическом поясе Камчатки в районе Авачинского залива, выполненные с помощью геомеханического датчика, представляющего собой вертикальную гильзу длиной 2 м, в которой для преобразования механического сигнала в электрический закреплен специально разработанный двухосный скважинный наклонномер. Опираясь на результаты наблюдений, формулируется геомеханический метод прогноза сильных землетрясений в зоне субдукции. Здесь сильные землетрясения зависят друг от друга. Поэтому данный метод прогноза на некотором отрезке островной дуги будет надежным, если известно изменение давления в вулканическом поясе на рассматриваемом отрезке дуги и на расстоянии сотен километров от него. Таким образом, для прогноза сильных землетрясений в зоне субдукции необходима сеть геомеханических датчиков, равномерно распределенных вдоль всей островной дуги.

На основании анализа полученных данных доказываем также, что наблюдения с помощью геомеханических датчиков дают возможность осуществлять прогноз сильных землетрясений и в зоне коллизии. При этом утверждается следующее:

1. Поскольку в зоне коллизии, как известно, сильные землетрясения не влияют друг на друга, их прогноз на базе геомеханических данных будет детерминистическим.

2. Так как землетрясения в зоне коллизии обычно возникают на глубинах до 10–15 км, где после достижения напряжением в очаге предела его прочности почти сразу же происходит макроразрыв, прогноз сильных землетрясений будет краткосрочным.

3. Геомеханические наблюдения в зоне коллизии – это средство прогноза катастрофических землетрясений. Действительно, если геомеханический датчик, созданный в зоне коллизии, фиксирует заметные нелинейные изменения вертикальных градиентов горизонтального смещения, это означает, что датчик находится недалеко от очага назревающего землетрясения. В расположенных здесь зданиях и сооружениях при превращении потенциальной энергии горизонтального сдвига, накопленной в поверхностном слое Земли в процессе подготовки землетрясения, в кинетическую энергию горизонтального сдвига в самом начале землетрясения возникают косые сдвиговые трещины. Вследствие этого указанные здания и сооружения при сейсмических колебаниях в дальнейшем неизбежно разрушаются.

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХНЕ-ЮРЬЕВСКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ (О.ПАРАМУШИР)

**Калачева Е.Г.**

**Калачева Е.Г.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

На северо-западном склоне действующего андезитового вулкана Эбеко, расположенного в северной части острова Парамушир, в бассейне реки Юрьевой находится крупный очаг разгрузки высокотемпературных (42–94°C), высокоминерализованных (до 14г/л), ультракислых (pH<2) термальных вод хлоридно-сульфатного состава. Основную роль в катионной части играют ионы алюминия и железа. Изучением этих термопроявлений занимались многие исследователи (Зеленов, 1972; Никитина, 1978; Фазлуллин, 1999 и др.). Традиционно, по классификации В.В.Иванова эти источники относятся к фумарольным термам глубинного формирования (Иванов, 1964). Однако проведенное комплексное геохимическое исследование источников и сравнительный анализ с данными, полученными при исследовании гидротермальной системы вулкана Поас (Коста-Рика) (Rowe et al., 1995) показало другой возможный путь их формирования.

В постройке влк. Эбеко, сформирована локальная гидротермальная система. Основными водовмещающими породами является комплекс четвертичных вулканогенов. Источником тепла служит современный магматический очаг, залегающий на небольшой глубине (около 1 км). Растворение части магматических газов (в основном HCl и SO<sub>2</sub>) в подземных водах зоны аэрации приводит к формированию резервуара ультракислых хлоридно-сульфатных рассолов непосредственно под кратерной частью постройки вулкана. Существование подобного подземного «озера» подтверждается и геофизическими исследованиями (Бортникава и др., 2010). Специфические климатические условия обеспечивают постоянное пополнение резервуара за счет большого количества атмосферных осадков, а структурные, стратиграфические и топографические особенности вулкана Эбеко определяют ограниченный сток из «озера» в северо-западном направлении. Комплекс проницаемых крупнообломочных переслаивающихся лав, которые обнажаются в бассейне реки Юрьевой формируют гидравлический канал между подземным «озером» и его очагом разгрузки. В процессе транспортировки ультракислых растворов к области разгрузки происходит частичное смешение их с грунтовыми водами, проводящее к формированию различных по температуре и минерализации гидротерм, разгружающиеся в виде Верхне-Юрьевских горячих источников.

## ПОВЕДЕНИЕ МАРГАНЦА В ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ И ОСАДКАХ ИЗ НИХ В РАЙОНЕ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)

**Карданова О.Ф., Сергеева С.В., Карташова Е.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Изучение современных хемогенных осадков в районе КДВЦ (Кихпинычского долгоживущего вулканического центра) показало их большое разнообразие. Это железистые осадки (из кислых и субщелочных вод), карбонатные, марганцовистые, кремнистые (из кислых и щелочных вод), глиноземистые и серные осадки.

Известно, что некоторая часть марганцевых месторождений и оруденений приурочена к вулканам. Гидротермально-метасоматические марганцевые проявления могут быть связаны с различными частями вулканических построек. Марганцовистые осадки из вод на КДВЦ встречены в кратере вулкана Старый Кихпиныч (Южное поле – ЮП СК), на его западном склоне (Травертиновое – ТП) и на Верхне-Гейзерном поле (ВГ).

Выделяются следующие разновидности этих осадков – а) современные рыхлые марганцовистые (ВГ); б) в ассоциации с современными железистыми осадками (ЮП СК); в) в ассоциации с современными карбонатными (ВГ) и г) более старыми травертинами (ТП). Только в травертинах Верхне-Щапинских источников содержание марганца близко к тому, которое наблюдается в травертинах Верхне-Гейзерного поля.

На Верхне-Гейзерном поле (участок Термальное болото, нижняя площадка) были обнаружены рыхлые марганцовистые осадки с содержанием MnO до 33 % и высоким содержанием воды. На этом же участке обнаружены карбонаты с высоким содержанием марганца. Они имеют концентрически-скорлуповатое строение и представлены кальцитом. Отдельные скорлупы отделяются тонким (доли мм) слоем плотных марганцовистых осадков. Отдельные кристаллы кальцита внутри скорлуп отделены друг от друга тонким марганцовистым осадком, поэтому осадки имеют темно-серый цвет. Содержание марганца в этих осадках 3,15–7,92 %, иногда до 13 %. На Южном термальном поле в кратере вулкана Старый Кихпиныч в русле сухого ручья (1982 г.) были встречены железистые осадки коричневатого-черного цвета, содержащие 1,55 % MnO. Из воды этого ручья в 1980–1981 гг. в русле осаждались железистые осадки, а в воде было высокое содержание Mn (до 9,6 мг/л). Марганцовистые осадки встречаются на Травертиновом поле в истоках р. Гейзерной. Карбонатная плита имеет размеры ~ 60x200 м, максимальная глубина более 1 м. В шурфах, на глубине 20–40 см прослеживается зона, обогащенная Mn, мощностью от 1 до 20 см. Травертины на этой глубине содержат 0, 7–1,8 % MnO. Выше и ниже этой зоны содержание марганца менее 0,25 %. Марганцовистые осадки на Верхне-Гейзерном поле наиболее разнообразны и представлены следующими минералами: вад, родонит, родохрозит, полианит, криптомелан, вернадит, нсутит, манганокальцит, пиррохрит.

В районе КДВЦ в источниках и котлах отмечается высокое содержание марганца.

Его содержание в источниках на двух термальных полях в кратере вулкана Старый Кихпиныч достигает 6,5 (Северное поле – СП СК) и 10,6 мг/л (Южное поле – ЮП СК). На Верхне-Гейзерном поле (ВГ) содержание MnO максимально (10,8 мг/л). На этих же полях наиболее высокое среднее его содержание:  $X_{19} = 2,83$  мг/л (СП СК);  $X_{49} = 3,67$  мг/л (ЮП СК) и  $X_{60} = 1,61$  мг/л (ВГ). Среднее содержание марганца на этих термальных полях сопоставимо с его содержанием в термах Узона (2–2,5 мг/л), в Тумрокских источниках (3,21 мг/л), Нижне-Озерновских (1,96–2,7 мг/л) источниках и значительно выше, чем в большинстве термальных источников Камчатки.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ СЕЙСМОСТАНЦИИ  
«КИЗИМЕН», СОПРОВОЖДАЮЩИХ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ НА  
ВУЛКАНЕ КИЗИМЕН В ДЕКАБРЕ 2010 – ФЕВРАЛЕ 2011 ГГ.**

**Кожевникова Т.Ю.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Вулкан Кизимен один из самых интересных и малоизученных вулканов Камчатки, занимает обособленное положение на западном склоне южной части хребта Тумрок. Это единственный действующий вулкан, расположенный на сочленении грабена Центральной Камчатской депрессии с горстов Восточного хребта. Координаты вершины: 55° 10' с.ш., 160° 32' в.д. Абсолютная высота – 2485 м.

С декабря 2010г и по настоящее время вулкан находится в активной стадии извержения. Пепловые облака от его деятельности представляют реальную опасность для рейсов самолетов местных и международных авиалиний. Удаленность вулкана от населенных пунктов не позволяет вести за ним постоянные визуальные наблюдения.

На основе предыдущих работ по изучению сейсмических сигналов сопровождающих вулканическую активность на вулканах Шивелуч и Карымский проведено исследование аналогичных записей с сейсмостанции «Кизимен» («KZV»), расположенной в 2.5 км на юго-запад от вершины вулкана.

За период с декабря 2010 г по февраль 2011 г включительно были исследованы сейсмические сигналы телеметрической станции «KZV». В результате сопоставления записей сейсмических сигналов и визуальных наблюдений, а так же данных спутниковых снимков было определено, что каждое вулканическое событие (пепловый выброс, сход обломочной лавины и т. д.) излучает свой особенный сейсмический сигнал. Особенности сейсмических сигналов выделяются с помощью их спектрального анализа.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИПОЦЕНТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РАЙОНЕ ВУЛКАНА  
КИЗИМЕН МЕТОДОМ ПОЛЯРИЗАЦИИ СИГНАЛОВ СЕЙСМОСТАНЦИИ «KZV» В  
2010 – 2011ГГ.

**Кожевникова Т.Ю., Шакирова А.А.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Вулкан Кизимен. Координаты вершины:  $55^{\circ} 10'$  с.ш.,  $160^{\circ} 32'$  в.д. Абсолютная высота – 2485 м. В настоящее время вулкан находится в активной стадии извержения с выбросами пепла и сходом пирокластических потоков.

В данной работе представлены сравнительные результаты определения гипоцентров землетрясений при помощи программы “DIMAS” с использованием данных А: всех сейсмических станций, регистрирующих сигнал; Б: выборочных станций, равноудаленных от эпицентра события и В: ближайшей станции “KZV” («Кизимен») методом поляризации сигнала.

При изучении полученных результатов удалось установить, что определение гипоцентров методом поляризации сигнала является довольно надежным.

На следующем этапе работы был проведен анализ по изучению миграции землетрясений во времени и пространстве с использованием ближайшей станции “KZV”.

В результате проведенных работ было установлено, что эпицентры землетрясений расположены преимущественно в юго-западном, западном и северо-западном направлениях. Основное количество событий сконцентрировано в непосредственной близости к вулкану на глубинах от -1,5 до 8 км, причем при удалении гипоцентров от вулкана глубины увеличиваются (более поверхностные землетрясения расположены непосредственно в постройке вулкана). При более детальном изучении расположения гипоцентров выделяются два облака концентрации. Одно в юго-западном направлении от вулкана, второе непосредственно в северо-восточной части под вулканом.

## НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНА ЭБЕКО (СЕВЕРНЫЕ КУРИЛЫ)

**Котенко Т.А., Котенко Л.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Приводятся новые данные о термометрии, геохимии источников и газов термальных полей вулкана Эбеко – Северо-Восточном и Июльском, имеющим общую подводящую структуру. Долговременная разгрузка гидротерм происходит через хорошо проработанные каналы Северо-Восточного поля, другие более высоко расположенные разгрузки возникают при активизации фумарольной деятельности (Июльское поле образовалось в 2005 г.) либо уже в процессе извержения вулкана, как реакция на рост давления внутри гидротермальной системы. Для поля Июльское изначально была характерна мощная фумарольная деятельность с температурами газов до 508°C, высокое относительное содержание в составе газовой смеси газов группы серы и HCl. После серии фреатических извержений 2009–2010 гг. мощность фумарол упала, температура газов снизилась до 100–130°C. Максимальный вынос тепла фумаролами поля Июльское составлял 240 МВт, что на порядок превышало мощность остальных фумарольных полей до активизации вулкана.

В 2005–2010 гг. проводились геохимические исследования на выбранных объектах, в 2010 г. была сделана их термометрическая съемка. При помощи GPS-навигатора были заложены шурфы по сетке с шагом 10 м глубиной 0.6–1 м. В результате были построены термометрические карты, схемы расположения основных фумарольных и гидротермальных выходов. Для Северо-Восточного поля сделано сравнение полученных результатов с более ранними термометрическими картами, подтвердившее сохранение поля в близких границах и линейное расположение основных фумарольных и гидротермальных выходов.

Сравнение концентраций некоторых главных и трековых элементов в составе вмещающих пород, кислых вод и фумарольных газов показывает, что все кислые растворы образованы в результате адсорбции подземными водами вулканических газов (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl). Катионный состав воды источников свидетельствует о растворении вмещающих пород: концентрация большинства элементов в воде источников поля Июльское на порядок и более выше, что объясняется истощенными в результате длительного сернокислотного выщелачивания в отношении этих элементов породами Северо-Восточного поля. Сходное распределение катионов в воде источников подтверждает единый генезис формирующих их флюидов. На термальном поле Северо-Восточное в отличие от Июльского фумарольные газы также демонстрируют активное взаимодействие с вмещающими породами. В фумарольных газах поля Июльское относительное содержание газов группы серы и HCl значительно выше величин, наблюдаемых для Северо-Восточного поля, что объясняется отсутствием приповерхностного буфера на пути потока гидротерм. С целью рассмотрения происхождения газов построены диаграммы относительного содержания N<sub>2</sub>-Ar-He и CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-Ar. Вариации относительных концентраций этих газов в пробах вулкана Эбеко показывают тренд в область вулканических газов андезитовых вулканов, но имеют значительную примесь воздуха или грунтовых вод, насыщенных воздухом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума ДВО РАН, проект 09–III-A-08–418, Российского фонда фундаментальных исследований, проект 09–05–00022а.

## УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ НОВООБРАЗОВАННОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В КАЛЬДЕРЕ АКАДЕМИИ НАУК

**Кузьмин Д.Ю.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

После катастрофического извержения в озере Карымском, произошедшем в январе 1996 года, в истоке реки Карымской образовался полуостров Новогодний состоящий из продуктов подводного извержения. В северной оконечности полуострова в районе бывшего истока реки Карымской возник ручей Горячий и многочисленные термальные выходы. Температура воды в ручье меняется от 20°C в истоке и до 70°C в месте впадения в реку Карымскую. Русло ручья покрыто альго-бактериальными матами сине-зеленых водорослей. Также в русле ручья находятся множественные проколы выходов спонтанного газа.

В русле ручья Горячего в одном и том же месте (Источник №1) в весенний и летний период 1997 – 2010 гг. ведется отбор проб спонтанного газа. Первоначально выходов было значительно больше и газ выходил постоянно. Со временем уменьшилось как количество проколов на дне, так и интенсивность выходов свободного газа. Прежде всего, отмечается очень высокое содержание метана в этом источнике. Первое время (1997 – 2002) содержание его достигало до 50 % об, в последнее время снизившееся до 3–4% об. Вызывает большой интерес происхождение этого газа. Высказывались различные теории его происхождения, от биогенной до магматогенной, в том числе и как результат разложения органических останков (рыбы), захороненной в истоках реки Карымской в результате извержения.

Динамика изменения состава газа в частности содержания углеводородов дает возможность отследить эволюцию этой системы и оценить правомочность предположений генезиса газовой составляющей этого выхода гидротерм.

## ОЦЕНКА ПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ СРЕДЫ ПО ИМПУЛЬСАМ СЛАБЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КОНУСЕ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ

**Лемзиков М.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В работе исследуются вулканические землетрясения вулкана Ключевской с глубиной очага в его конусе за календарный период 2000–2007 гг. по записям цифровых радиотелеметрических сейсмических станций: CIR, LGN и ZLN. Проведенное предварительное исследование частотного состава сейсмических колебаний этих вулканических землетрясений показало, что они в основном состоят из монохроматических колебаний с основными модами на низких частотах, примерно на значениях 1 и 2 Гц. Примерно, такие же вулканические землетрясения с монохроматическими колебаниями наблюдаются во время извержения на многих вулканах Земли.

Вполне обосновано утверждается, что вулканические землетрясения являются результатом хаотичного изменения давления парогазовой смеси или перегретого магматического вещества в канале вулкана. В этой связи можно вполне обоснованно предположить, что вулканические землетрясения состоят из комбинации отдельных сейсмических импульсов создаваемых этими хаотическими изменениями давления в канале вулкана. На записях некоторых типов вулканических землетрясений эти импульсы отчетливо выделяются. Представление записей вулканических землетрясений в виде комбинации отдельных монохроматических сейсмических импульсов имеется в некоторых работах по вулканическим землетрясениям.

Цифровые записи слабых вулканических землетрясений вулкана Ключевской с глубиной очага в его конусе за календарный период 2000–2007 гг. обработаны с учетом их представления в виде комбинации отдельных сейсмических импульсов. Предположено, что амплитуда каждого отдельного сейсмического импульса затухает по экспоненте. В этом случае спад амплитуды каждого отдельного сейсмического импульса во времени описывается как:  $A = A_0 * e^{-\alpha t}$ , где  $\alpha = -\frac{\pi f}{Q}$ . Это позволяет использовать вулканические

землетрясения для определения поглощающих свойств среды. В результате были получено, что за исследуемый календарный период времени поглощающие свойства среды постройки вулкана Ключевской изменялись. В активные фазы вулканической деятельности вулкана Ключевской добротности среды уменьшается.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ ЗА ЗИМНИЙ СЕЗОН 2009–2010 ГГ.

**Маневич А.Г., Маневич Т.М., Овсянников А.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В работе анализируется деятельность вулкана Карымский за зимний сезон 2009–2010 гг. по данным геохимической снегосъёмки, проведенной во время полевых работ в апреле 2010 г. Данный метод необходим для получения количественных характеристик геологического и энергетического эффектов извержения, его дополняют дистанционные методы, активно используемые в вулканологических исследованиях в последнее время. Изучение снежной толщи и отбор образцов в конце зимнего сезона даёт возможность собрать информацию обо всех пеплопадах, проследить изменения в характере извержения и химическом составе изверженных пород, оценить объёмы вещества и химических примесей, поступивших в природную среду.

В различных направлениях от вулкана, в зависимости от ветровой ситуации, зафиксированы следы 4–13 пеплопадов. Общая масса изверженного пепла с начала образования постоянного снежного покрова по апрель 2010 г. составила порядка 200 тыс. т.

Наибольшую активность за рассматриваемый период вулкан проявлял в марте 2010 г, поскольку в верхней части снежной толщи отмечен самый мощный горизонт пирокластики, местами достигающий  $1,16 \text{ кг/м}^2$ .

Наиболее мощное событие произошло в начале зимы: в районе стационара "Сейсмостанция Карымская", расположенного в 4,5 км от вулкана, обнаружены частицы диаметром до 0,4 см по данным гранулометрического анализа.

Представлен химический и гранулометрический анализ пепла, отобранного за весь период снегонакопления. Также во время полевых работ были детально исследованы последствия мощного пеплового выброса, произошедшего 18 апреля 2010 г.: отобраны пробы пепла вкост пеплопада, оценена масса выпавшего пепла – 900 т.

## ИЗУЧЕНИЕ ФУМАРОЛЬНЫХ МИНЕРАЛОВ ИЗОМОРФНОГО РЯДА ГАЛОТРИХИТ-ПИККЕРИНГИТ МЕТОДОМ ИКС

**Назарова М.А., Вергасова Л.П.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Минералы ряда галотрихит-пиккерингит – одни из наиболее распространенных минералов на термальных площадках, вблизи сольфатар и на прогретых участках вулканов современных извержений. Общая формула может быть представлена в виде  $(Mg, Fe^{2+})(Al, Fe^{3+})_2(SO_4)_4 \cdot 22H_2O$ .

Изучались природные соединения ряда галотрихит-пиккерингит из продуктов фумарольной деятельности Новых Толбачинских вулканов (Тол-102/76, Первый конус) и вулкана Мутновский (М-996/08, Донное поле). Образцы отличались агрегатным состоянием, по химическому составу и условиям образования.

Галотрихит-пиккерингит с Новых Толбачинских вулканов имел облик скрытокристаллических пенистых новообразований, которые в виде легких сосулек, наростов, цемента грязновато-белого цвета заполняли пространство в рыхлом шлакопепловом субстрате под коркой, состоящей из преобразованного под воздействием фумарольных газов пирокластического материала, сцементированного новообразованиями, преимущественно, сульфатно-кальциевого, состава. Температура поверхности отбора соответствовала более 100°C. Соединение представлено железистым пиккерингитом, расчетная формула которого  $(Mg_{0.87}Fe^{2+}_{0.13})_{\Sigma 1.00}(Al_{1.23}Fe^{3+}_{0.54})_{\Sigma 2.07}(SO_4)_4 \cdot 15H_2O$  ( $Al:Fe^{3+} = 2.85$ ). Содержание воды (~15 молекул) заметно меньше справочных данных (22 молекулы). По результатам рентгеновских исследований удаление части воды не нарушило кристаллическую решётку соединения (Вергасова и др., 1999).

Галотрихит-пиккерингит с Мутновского вулкана представляет собой продукт конденсации вулканических газов, выкристаллизовавшийся летом 2008 г. на значительной площади поверхности прогретого участка на берегу реки Вулканная, недалеко от уреза воды. Температура образования менее 100°C. Форма проявления – спутанноволокнистый агрегат индивидов призматического облика бледного желтого цвета с зеленоватым оттенком и шелковистым блеском. По данным комплекса исследований соединение относится к конечному члену ряда – галотрихиту.

Минералы ряда галотрихит-пиккерингит вулканогенного происхождения были изучены по их спектрам поглощения в инфракрасном диапазоне. Инфракрасные спектры регистрировались на спектрофотометре фирмы Shimadzu IRffinity-1, с использованием прессования таблетки образца со спектрально чистым КВг. Анализ ИК-спектров образцов показал присутствие интенсивных полос поглощения, характерных для сульфатов. Наиболее интенсивные линии на спектрах отнесены к валентным и деформационным колебаниям сульфат-ионов, расположенных в областях частот 950–1200  $cm^{-1}$ , а также 550–700  $cm^{-1}$ . На обоих спектрах основные полосы имеют расщепление в виде дуплетов. Интенсивные полосы поглощения на спектрах в областях частот 1600–1700  $cm^{-1}$ , а также 3000–3500  $cm^{-1}$  говорят о наличии кристаллизационной воды в минералах, что характерно для водосодержащих сульфатов.

ИК-спектры изученных природных соединений изоморфного ряда галотрихит-пиккерингита соответствуют эталонным ИК-спектрам минералов ряда галотрихит-пиккерингит (Мёнке, 1966; Болдырев, 1976; Плюсина, 1977) и не зависят от агрегатного состояния вещества. Изучение ИК-спектров поглощения также показало, что переменный состав изученных минералов не приводит к изменению вида спектра, что не противоречит для минералов ряда галотрихит-пиккерингит, кристаллизующихся в одинаковой симметрии и для которых характерны изовалентные изоморфные замещения в катионной части.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОРАДАРНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ РАЙОНА Г. ТАРБАГАНЬЯ (МУТНОВСКО-ГОРЕЛОВСКАЯ ГРУППА ВУЛКАНОВ, КАМЧАТКА)

**Павлова В.Ю.<sup>1</sup>, Топчиева О.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский;*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский*

Мутновский вулкан расположен в 75 км от г. Петропавловск-Камчатский и в 20 км от берега Тихого океана, за цепью берегового хребта. Одной из важнейших проблем в понимании новейших этапов развития Мутновского вулкана (Камчатка), является вопрос о происхождении пемзовых отложений. Пемзовые отложения обнажаются у северо-западного подножия вулкана, слагая г. Пемзовая и Тарбаганья. Покров сложен несортированными, неслоистыми отложениями пирокластических потоков. В местах наибольшей мощности они сцементированы в трещиноватый монолит. Мощность отложений постепенно увеличивается на удалении от кальдеры и достигает 80–100 м в разрезе гор Пемзовая и Тарбаганья. В августе-сентябре 2010 года были проведены полевые исследования района г. Тарбаганья – георадарное профилирование, отбор проб для пикнометрии, с целью определения физических свойств горных пород (плотность и пористость).

Для проведения исследований использовали георадар “ОКО-2”. Основными величинами, измеряемыми при георадарных исследованиях, являются время пробега электромагнитной волны от источника до отражающей границы и обратно до приемника, а также амплитуда этого отражения. Такими границами раздела в исследуемых средах являются контакты между породами различного литологического состава, между коренными и рыхлыми породами. Скорость распространения электромагнитной волны в разных материалах различна, поэтому, измеряя времена пробега волн, и зная основные физические свойства пород в изучаемой среде, можно судить о строении объекта. Сухие, монолитные, слабо трещиноватые породы имеют низкие значения диэлектрической проницаемости, а влагонасыщенные, проницаемые, пористые, трещиноватые породы, как правило, имеют высокие значения диэлектрической проницаемости и низкие значения скорости распространения электромагнитных волн. В результате георадиолокационных исследований получены временные разрезы, записанные методом переменной плотности, на которых по горизонтали указано расстояние в метрах, а по вертикали – время прихода отраженных сигналов в наносекундах. Обработка результатов измерений проведена с помощью программы GeoScan32. Целью интерпретации георадиолокационных данных – получение максимально полной информации о строении и свойствах объекта исследования, выраженная в виде геологических разрезов или схем расположения и глубин залегания объекта. Благодаря исследованиям изучено геологическое строение вулканических структур Мутновского вулкана. Проведено картирование геологических структур – восстановление геометрии относительно протяженных границ, поверхности коренных пород под рыхлыми осадками, границ между слоями с различной степенью водонасыщения. Определены свойства различных отложений по скорости распространения электромагнитных волн, опираясь на связь этих свойств с диэлектрической проницаемостью пород. Сделан вывод о двухчленном строении пемзовых толщ. Верхняя часть представляет собой маломощный (до 0,4 – 0,6 м) почвенно-пирокластический чехол, представляющий собой разрушенные выветрелые пемзы и отложения временных водотоков. Под ними залегает толща пемз, общая мощность – около 50 м. Строение данной части разреза достаточно сложное.

Работы выполнены по программе и при финансовой поддержке проектов РФФИ № 08–05–00453а и № 1665 АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)».

## УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ ЮЖНОЙ ГРАНИЦЫ КАЛЬДЕРЫ КАРЫМШИНА (КАМЧАТКА)

**Рогозин А.Н., Леонов В.Л.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В результате работ 2004–2006 гг. сотрудниками лаборатории геологии геотермальных полей Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН была открыта новая крупнейшая на Камчатке кальдера – Карымшина (Леонов, Рогозин, 2007), которая относится к суперкальдерам (Биндеман, 2006). Ее возраст определен в 1,78 млн. лет (Bindeman et al, 2010). В ходе первых исследований были частично реконструированы ее границы и определены размеры новой структуры – 15x25 км. В северо-западной части кальдеры выявлен поднятый блок, который рассматривается, как следствие внедрения вязких кислых магм на более позднем этапе развития вулканизма в этом районе (около 0,5–0,8 млн. лет назад), то есть как резургентное поднятие.

Проведенные летом 2010 года полевые исследования в верховьях реки Средняя Карымчина, позволили уточнить геологическое строение и положение южной границы кальдеры. В ходе обработки собранного полевого материала были выделены вулканические комплексы докальдерного, кальдерообразующего и посткальдерного этапов вулканизма связанных с кальдерой на данной территории. Постройки докальдерного этапа представлены лавами базальтового состава двух типов – мелкокристаллического и миндалекаменного. Возраст их пока не определен, но можно точно сказать, что это остатки более древних вулканов и их стоит рассматривать как свидетельство мощного базальтового вулканизма ( $\text{SiO}_2$  до 49,2–51,9%), предшествовавшего кальдерообразованию. Также установлено, что граница кальдеры имеет более сложное строение – она проходит в верховьях р. Средняя Карымчина и может быть представлена в виде серии сбросов.

## ГЕОХИМИЯ МИОЦЕНОВЫХ ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ ИЗ СКВАЖИНЫ НА КРОНОЦКОМ ПЕРЕШЕЙКЕ

**Савельев Д.П., Каргашева Е.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Среди позднекайнозойских вулканитов Восточной Камчатки есть несколько вулканических комплексов, резко отличающихся своими характеристиками от большинства пород Восточно-Камчатского вулканического пояса. Часть из них имеет аномальное пространственное расположение, часть отличается специфическим петрохимическим составом, часть – аномальной геохимией. К числу таких комплексов относятся щелочные базальты, вскрытые двумя скважинами в бассейне р. Тюшевки, в пределах Кроноцкого перешейка (понижения, выполненного преимущественно терригенными толщами, между Кроноцким п-овом и хребтом Гамчен). Породы залегают в виде двух силлов среди туфотерригенных пород среднемиоценового возраста, характеризуются высоким содержанием калия (до 6,31%) и фосфора (до 1,25%) (Супруненко, Марковский, 1976), что отличает их от большинства восточнокамчатских вулканитов. До настоящего времени геохимические характеристики пород, вскрытых скважинами, не были получены. Во время полевых работ Петрологического отряда лаборатории подводного вулканизма в 2007 г. были взяты пробы из керна, сохранившегося на месте проходки скважин. Методом рентгенофлуоресцентного анализа был определен состав петрогенных окислов и содержание ряда примесных элементов. Был подтвержден высококалиевый характер базальтов ( $TiO_2 = 2,2-3,1\%$ ,  $K_2O = 1,6-6\%$ ,  $P_2O_5 = 0,9-1\%$ ), по содержанию редких элементов породы соответствуют «внутриплитному геохимическому типу»: содержание Nb 67–92 г/т, Zr – 413–567 г/т, отношение  $Zr/Y = 15-19$ . По своим геохимическим характеристикам породы сходны с щелочными габброидами и трахидолеритами бассейна р. Мал. Чажмы (Тихомирова, 1994), но отличаются большей «внутриплитной» спецификой – большей калиевой щелочностью, более высокими содержаниями ниобия и циркония. Другим аналогом изученных пород являются миоценовые щелочные базальты правых притоков р. Лево́й Жупановой (Авдейко и др., 2002).

В представленном докладе предлагается авторская модель, согласно которой миоценовые щелочные базальты Кроноцкого перешейка сформировались на западном склоне Кроноцкой палеодуги перед ее причленением к Камчатке. В среднем миоцене Кроноцкая палеодуга была уже неактивной и в составе Тихоокеанской плиты двигалась в сторону Камчатки (Шапиро, Ландер, 2003). При приближении к зоне субдукции плита испытывала деформации, и из-за увеличенной мощности (за счет Кроноцкой палеодуги) в нижней части плиты возникли расколы, что привело к декомпрессионному плавлению (согласно модели (Nirano et al. 2006)). В результате на Тихоокеанской плите вблизи Камчатского желоба (т.е. на западном склоне Кроноцкой палеодуги) 10–15 млн. лет назад образовались небольшие подводные вулканы и силлы среди терригенных осадков. Затем Кроноцкая палеодуга была причленена к Камчатке, произошел перескок зоны субдукции на восток в современное положение и начал формироваться Восточно-Камчатский вулканический пояс (Авдейко и др. 2002).

Данная модель объясняет наличие щелочных базальтов внутриплитного геохимического типа между образованиями Кроноцкой палеодуги и фронтом Восточно-Камчатского вулканического пояса. Такой тип вулканизма – на океанической плите перед зоной субдукции – по своему геодинамическому положению можно назвать «предколлизийным».

## МИНЕРАЛЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ ОТЛОЖЕНИЙ ПОЧВЕННО-ПИРОКЛАСТИЧЕСКОГО ЧЕХЛА ЗАПАДНО-КОШЕЛЕВСКОГО ВУЛКАНА (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

**Сандмирова Е.И.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В ходе проведения комплексных полевых работ в районе Нижне-Кошелевских парогидротерм шлиховым методом были опробованы отложения почвенно-пирокластического чехла западных склонов Кошелевского вулканического массива (Западно-Кошелевский вулкан).

Характерный и наиболее интересный разрез был вскрыт шурфом между ручьями Прямой и Гремучий (абс. отм. 540 м,  $51^{\circ}21'454''$  с.ш.,  $156^{\circ}36'931''$  в.д.). В основании разреза залегает относительно древняя кора выветривания, которая представлена обломками пород андезитового, андезибазальтового состава размером до 30 см, пространство между которыми заполнено почвой бурого цвета, состоящей из супеси и органики. На коре выветривания залегает пачка пемзовых отложений мощностью от 40 до 50 см. Пачка состоит из чередующихся слоев рыхлых пемз желтовато-бежевого цвета (лапилли размером до 3 см), в которых встречаются прослойки вулканического песка светло-серого цвета мощностью 3–10 см. Слои имеют слабо выраженную стратификацию, границы прослоев не четкие. В пачке прослеживается, как минимум, четыре слоя пемз с изменчивой мощностью от 5–15 до 20–23 см, между которыми фиксируются слабогумусированные почвы коричневого цвета мощностью до 1 см. Состав пирокластического материала в пемзовой пачке андезит-дациандезитовый ( $\text{SiO}_2$  60,08–64,06 мас. %). Пемзовые отложения перекрываются слоем бурых суглинков мощностью от 20 до 50 см и, выше по разрезу, современной почвой темно-коричневого цвета мощностью от 17 до 50 см. Неровные границы и изменчивая мощность слоев в разрезе указывают на то, что каждый последующий слой ложился на частично размытый предыдущий слой, заполняя неровности рельефа. Общая мощность вскрытых отложений 140 см.

Изучение шлиховых проб показало, что минералогический фон почвенно-пирокластических отложений не отличается большим разнообразием и представлен такими породообразующими минералами как: оливин ( $\text{Fo}_{63-82}$ ), ромбический и моноклинный пироксен (гиперстен, диопсид-геденбергит), плагиоклаз типа андезина ( $\text{An}_{31-53}$ ), роговая обманка паргасит-эденитового ряда, кварц, ильменит с включениями апатита, титаномагнетит ( $\text{TiO}_2$  4–11,5 мас. %). Акцессорные минералы обнаружены только в прослоях вулканического песка. Они представлены гранатом типа андрадита, эпидотом и рутилом в виде самостоятельных неправильной формы зерен, включений в эпидоте или в сростании с кварцем и сфеном. Сюда же, к группе акцессорных минералов можно отнести рудные и силикатные сферулы – минеральные образования размером 0,1–0,3 мм.

При этом в разрезе наблюдается четкая смена минеральных ассоциаций. Титаномагнетит-пироксен-оливиновая ассоциация из погребенных почв сменяется на ильменит-титаномагнетит-пироксен-плагиоклазовую (+ акцессорные минералы) из пачки пемз и снова на титаномагнетит-пироксен-оливиновую из слоя бурых суглинков. Такая последовательность смены минеральных ассоциаций наблюдается даже в тех разрезах, где визуально пемзовая пачка практически не выделяется.

Предполагается, что обширные, но сравнительно маломощные покровы пемз и шлака, облекающие рельеф на Юге Камчатки, возникли в позднеголоценовое и современное время в результате направленных одноактных и многоактных взрывов активных воронок вулканов Опала, Ксудач, Ходутка, Ильинский, Желтовский, Кошелевский и др. (Кожемяка и др., 1973; Кожемяка, Литасов, 1980). Изучение минеральных ассоциаций и выделение индикаторных минералов в дальнейшем позволит не только коррелировать разрезы почвенно-пирокластических отложений в районе исследований, но и определить источники поступления вещества в эти отложения, а также установить центр (или центры) извержения кислой пирокластики.

## ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИЙ В РАЙОНЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ ПО ДАННЫМ GPS МОНИТОРИНГА

**Сероветников С.С., Титков Н.Н., Сеньюков С.Л.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

С осени 2006 г. по настоящее время произошло 7 эксплозивных извержений вулкана Безымянный. Мониторинг сетью постоянных GPS станций, установленных в районе вулкана Безымянный по проекту PIRE, позволил получить непрерывный ряд наблюдений деформаций за исследуемый период (Сероветников, Гнителиева 2009). При рассмотрении полученных временных серий обнаружена корреляция с гипотезой С.Л. Сеньюкова (Сеньюков) о взаимодействии магматических систем вулканов Ключеской и Безымянный, при этом система вулкана Безымянный имеет подчиненное значение.

По данным С.Л. Сеньюкова, извержение вулкана Безымянный 24.12.2006 относится к 2 группе и характеризуется длительностью предваряющей извержение повышенной сейсмичности 3–7 дней, что находит отражение во временных сериях GPS станций. Для данного события выделены деформации подготовки, момента извержения и пост эруптивного процесса в виде характерных изменений скоростей движения GPS станций. Следующие 6 извержений относятся к 3 и 4 группам, характеризуемым короткой, 1–2 дня продолжительностью сейсмических предвестников. Это отражено GPS данными в виде отсутствия длительных предваряющих деформаций в районе вулкана. Так же выявлено отсутствие значительных деформаций в периоды низкой активности вулкана Безымянный.

Исходя из гипотезы, извержения 3 группы обусловлены кратковременным, сильным воздействием магматической системы вулкана Ключевской, что объясняет короткую продолжительность и отсутствие длительной подготовки извержения. В данном сопоставлении учитываются деформации эксплозивной кальдеры 1956г. и прилегающей территории. Конфигурация сети станций не позволяет оценивать деформации растущего лавового купола Новый.

Для окончательного сопоставления гипотезы С.Л. Сеньюкова и данных GPS станций, необходима регистрация и анализ деформаций от будущего извержения из 1 группы характеризуемого 7–14 дневной продолжительностью сейсмических предвестников, при отсутствии значительной активности вулкана Ключевской.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ СИНЕЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ КАМЧАТКИ

**Тембрел Е.И.<sup>1</sup>, Демина Л.Л.<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва*

По шлейфу ряда источников обильно развивается альгобактериальное сообщество, которое формирует слоистый водорослевый мат с вертикальным распределением функциональных групп микроорганизмов по слоям.

Представляет интерес изучить поведение бактериального сообщества относительно протекающих через них термальных вод. С этой целью во время полевых работ на Камчатке были отобраны пробы термальной воды и контактирующей с ней биомассы мата. Основной задачей настоящего исследования является изучение степени аккумуляции тяжелых металлов и металлоидов биомассой альгобактериальных матов различных гидротерм.

Концентрацию микроэлементов – Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Cr, Pb, Cd, As, Sb в пробах термальных вод и синезеленых водорослей определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

В описанных нами источниках доминирующими организмами верхнего слоя являются *Mastigocladus laminosus* Cohn, *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom, *Ph. cincinnatum* Itzigs., *Ph. molle* (Kütz.) Gom, *Ph. laminosum* (Ag.) Gom, *Ph. valderiae* (Delp.) Geitl., *Ph. ambiguum* Gom., *Synechocystis salina* Wisl. *Oscillatoria terebriformis* (Ag.) Elenk., *O. terebriformis* F. *pseudogrunowiana* Elenk. et Kossinsk., *O. formosa* Bory.

Вариабельность содержания десяти изученных элементов в термальных водах различных источников весьма высока, что отражает геохимическую специализацию вулканогенных гидротермальных систем. Нами и другими исследователями описан процесс аккумуляции микроэлементов из термальных вод биотой. Термальные воды на изливе ручьев и в начале мата (т.е. до взаимодействия воды с альгобактериальным сообществом) отличаются по содержанию металлов от концевых частей ручьев и матов, причем по-разному для разных элементов. Видовой состав сообщества также обычно меняется от истока к устью.

При протекании термальной воды по поверхности альгобактериальных матов (и при насыщении мата водой) происходит биогеохимическое взаимодействие водорослей и термальной воды. Полученные нами данными свидетельствуют о влиянии сообщества синезеленых водорослей на концентрацию тяжелых металлов в протекающей воде, а также о высокой интенсивности бионакопления этим сообществом ряда тяжелых металлов и металлоидов.

Относительно влияния температуры на аккумуляцию изученных элементов четкая закономерность прослеживается только для Fe – с понижением температуры по источнику оно концентрируется в альго-бактериальном мате больших количествах, вне зависимости от видового состава сообщества, что, видимо, обусловлено биохимической важностью этого элемента для живого вещества.

В целом, состав воды, температура, кислотность и окислительно-восстановительные условия источника оказывают большее влияние на накопление элементов, чем видовой состав микроорганизмов. Данный вывод подтверждается тем, что у представителей одного вида в воде разного состава аккумуляция одного и того же элемента может различаться на порядок.

Таким образом, термофильный циано-бактериальный мат современных мелководных гидротермальных систем следует считать активным преобразователем воды гидротермальных источников и важным фактором биогеохимической дифференциации микроэлементов.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ БЛИЗКОРАСПОЛОЖЕННЫХ ЛИТОСФЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

**Уваров В.Н., Дружин Г.И., Санников Д.В.**

*Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,  
Камчатский край, Елизовский район, п. Паратунка*

Использование электромагнитного носителя информации о литосферных процессах связано с решением проблемы выделения сигналов литосферного происхождения с неизвестными спектрально-временными свойствами из мощного фона электромагнитного излучения грозового и магнитосферного происхождения. Однако, если анализировать излучение только близкорасположенных источников, то излучение от этих источников можно отделить от остального излучения, используя измерения градиента поля. Практически такой подход сводится к использованию квадрупольной антенны, когда измеряется разность напряженности поля в двух соседних точках приема сигнала. В случае, если амплитуда волны обратно пропорциональна расстоянию от источника, сигнал с квадрупольной антенны обратно пропорционален квадрату этого расстояния. Такой способ регистрации позволяет выделять сигналы источников, находящихся в непосредственной близости от приемной антенны.

Эксперименты по регистрации с использованием такого подхода проводились на геофизической обсерватории ИКИР ДВО РАН “Карымшина” в летний сезон 2009 г. и 2010 г. При этом осуществлялась синхронная регистрация магнитной составляющей электромагнитного излучения в диапазоне 10 – 10 000 Гц квадрупольной антенной и тремя дипольными взаимно-ортогональными антеннами. При проведении эксперимента были предприняты все необходимые меры предосторожности для устранения влияния промышленных помех.

Результаты синхронного спектрального анализа полученных данных позволяют уверенно выделять сигналы близкорасположенных источников. При этом в квадрупольном канале наблюдалось спорадическое излучение с всплесками длительностью от долей секунды до первых десятков секунд. Ширина частотного диапазона этих всплесков варьировалась от нескольких десятков герц до нескольких килогерц. Длительность низкочастотных всплесков значительно превосходила длительность широкополосных всплесков. Анализ электромагнитной обстановки на экспериментальной площадке и в ее окрестностях показал отсутствие каких-либо объектов, находящихся на поверхности земли вблизи антенн и могущих быть источниками электромагнитного излучения, регистрируемого квадрупольной антенной. Отсюда следует, что эти сигналы могут быть обусловлены только электромагнитным излучением, связанным с криповым движением, происходящим в грунте под местом расположения квадрупольной антенны.

Эксперименты показали, что всплески излучения, регистрируемые квадрупольной антенной, можно разделить на два класса: имеющие проявления в дипольных каналах и не имеющие такое проявление. Спектральная энергия длительных всплесков сосредоточена главным образом в диапазоне частот до 100 Гц и не имеет проявлений в дипольных каналах. Кратковременные всплески длительностью до секунды имеют широкий спектр и хорошо проявляются в дипольных каналах.

**ОТРАЖЕНИЕ В ДИНАМИКЕ ПОЧВЕННОГО РАДОНА НА ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ ПОСЛЕДНЕЙ СТАДИИ ПОДГОТОВКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С  $M > 5.5$  РАЙОНА АВАЧИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ**  
**Фирстов П.П., Макаров Е.О., Малышева О.П.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Рассмотрена связь изменений напряженно-деформированного состояния геосреды на последней стадии подготовки землетрясений Авачинского залива (Авачинская котловина) с магнитудой  $M > 5$  с динамикой почвенного радона на сети пунктов Петропавловск-Камчатского геодинамического полигона. В динамике объемной активности почвенного радона выявлены бухтообразные аномалии с амплитудой 20–30% от фона со временем упреждения от нескольких часов до 20 суток.

По времени прихода аномалий на треугольник станций оценен азимут на источник, который удовлетворительно совпадает с направлением на эпицентр готовящихся землетрясений. По-видимому, выделенные аномалии можно рассматривать как отклик изменения массопереноса  $R_p$  в геосреде на «геодеформационные волны», обусловленные пластическими деформациями в зоне субдукции, которые могут происходить на последней стадии подготовки землетрясений с  $M > 5.5$ , с эпицентрами расположенными в районе Авачинской котловины.

## КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРИРОДНОМ ПАРКЕ «НАЛЫЧЕВО» (КАМЧАТКА) В 2010 ГОДУ

**Фирстов П.П.<sup>1</sup>, Рашидов В.А.<sup>2</sup>, Мельникова А.В.<sup>3</sup>, Андреев В.И.<sup>2</sup>,  
Шульженкова В.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский;

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

<sup>3</sup> Камчатский Государственный университет им. Витуса Беринга

В 2010 г. в рамках программы молодежного научно-исследовательского лагеря «Геофизик-10» КамГУ им. Витуса Беринга в пределах Природного парка Налычево на двух термальных площадках: «Котел» и «Грифон Иванова» были выполнены комплексные геофизические исследования. Термальные площадки расположены в долине реки Горячей в нескольких сотнях метров от ее русла и является частью Налычевской гидротермальной системы.

Травертиновая площадка «Котел» получила название по травертиновому куполу с чашей на вершине, которая была когда-то источником термальной воды, а термальная площадка «Грифон Иванова» – по одноименному грифону. Термальная площадка «Котел» имеет овальную форму, размер ~ 180×200 м и сложена травертиновыми отложениями с прослоями вулканического пепла. Площадку венчает травертиновый купол «Котел», возвышающийся над окружающей площадью на 5–7 м. Термальная площадка «Грифон Иванова», сложенная травертиновыми отложениями, имеет плоскую поверхность и размер 90×100 м.

В каждой точке наблюдения последовательно измерялись модуль вектора магнитной индукции, магнитная восприимчивость и мощность дозы  $\gamma$ -излучения. Геомагнитные исследования проводилась протонным магнитометром G-856 AX и капнаметром КТ-6. Для учета вариаций магнитного поля были использованы данные геомагнитной обсерватории «Паратунка». Измерения  $\gamma$ -поля выполнялись сцинтилляционным геологоразведочным прибором СРП-68–01.

В пределах термальной площадки «Котел» исследования были выполнены в 320 точках в узлах предварительно разбитой регулярной сети 20×10 м. На термальной площадке «Грифон Иванова» исследования в 181 точке производились без предварительной разбивки сети, но с непосредственной их привязкой по GPS в момент измерения. Кроме того, на профиле, пересекающем обе термальные площадки, в 73 шпурах радиометром  $\alpha$ -активных газов РГА-01 выполнены измерения  $OA Rn$  в почвенном газе.

В результате выполненных комплексных геофизических исследований установлено, что величина мощности  $\gamma$ -излучения в пределах термальной площадки «Котел» варьирует в пределах 5–36 мкР/ч. Выявленные локальные аномалии со значением  $I \geq 20$ –30 мкР/ч обусловлены повышенным содержанием радия, который откладывался в травертиновом покрове в истоках термальных вод. Здесь зарегистрированы и высокие для Камчатки значения  $OA Rn$  в почвенном воздухе, обусловленные с одной стороны эмануирующими коллекторами с повышенным содержанием Ra, возникающими в травертинах в местах бывших истоков термальных вод, а с другой стороны зонами дизъюнктивных нарушений, которые, как правило, трассируются отрицательными формами рельефа.

2.5D магнитное моделирование показало, что в пределах термальной площадки «Котел» аномалеобразующие тела расположены на глубинах 15–25 м в развитых здесь глинистых и валунно-галечных отложениях. Многочисленные травертиновые чаши и купола, выявленные в пределах площадки, развиты вдоль радиальных трещин, что находит свое отражение, как в рельефе, так и геофизических полях.

На термальной площадке «Грифон Иванова» существенных аномалий в геофизических полях не выявлено.

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВУЛКАНА КРАШЕНИННИКОВА (О. ПАРАМУШИР)

**Хубаева О.Р., Бойкова И.А., Николаева А.Г.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В рамках работы проведено исследование гидротермальных проявлений (или их признаков) вулcano-тектонической структуры Крашенинникова и ее северо-восточного склона, как части исследования Северо-Парамуширской гидротермально-магматической системы (ГМС).

Рассмотрена геолого-структурная позиция вулкана Крашенинникова в общей структуре Северо-Парамуширской ГМС. Охарактеризован опущенный относительно этой структуры тектонический блок – грабен р. Птичьа.

Вулкан Крашенинникова образован молодыми постледниковыми лавами двупироксеновых андезитов или андези-базальтов, недрах вулкана в течение длительного времени происходила миграция магматического расплава андези-базальтового состава (Белосусов и др., 2002). В настоящее время признаки активности вулкана проявляются в виде слабой фумарольной деятельности в его кратере. Температура фумарол составляет 90–100°C (устное сообщение А.В. Мушинского).

В ходе исследования петрографическим методом были охарактеризованы метасоматические изменения пород по скважине 4–ГП. Оценены динамические тепловые ресурсы, подтверждены выделенные ранее (Хубаева и др. 2005) разрывные нарушения в р-не влк. Крашенинникова. Построен геологический разрез по линии А – Д: влк. Крашенинникова – оз. Изумрудно-голубое – скв. 4–ГП – мыс Крепкий – Тихий океан. Опорой разрезу послужили данные скв. 4–ГП (На основании геолого-геохимических исследований шлама глубокой геотермальной скважины).

На разрезе выделены комплексы пород и водовмещающих толщ, взрывная воронка, участки гидротермально-измененных пород, и разгружающихся слаботермальных источников. В разгрузках некоторых источников р. Птичьа отмечена характерная особенность, заключающаяся в выносе вещества – аморфного кремнезема, который, вероятно, осуществляется газогидротермальным (гидротермально-магматическим?) флюидом из нижележащих горизонтов по открытым зонам тектонических нарушений.

На рассмотрение представлено описание предполагаемой модели гидротермальной системы: вулкан Крашенинникова (восходящий поток гидротерм) – северо-восточный склон вулкана (латеральный сток) – Тихий океан (зона разгрузки напорного потока низкотемпературных углекислых гидротерм).

Обсуждается возможность существования низкотемпературной гидротермальной системы, приуроченной к изометричной кольцевой структуре по (Рычагов и др., 2002), имеющей сдвоенный центр в районе вулканов Богдановича и Крашенинникова.

Практическое значение представленной нами модели заключается в рассмотрении вариантов мест заложения будущих геотермальных скважин в районе восходящего потока с целью извлечения высокотемпературного геотермального теплоносителя пригодного для использования на геотермальной электростанции.

## О ПЛАНЕТАРНОЙ ПРИРОДЕ АНОМАЛЬНОГО УСИЛЕНИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ И ПЕПЛО-ГАЗОВОЙ АКТИВНОСТИ КОРЯКСКОГО ВУЛКАНА В АВГУСТЕ 2009 Г.

**Широков В.А.<sup>1</sup>, Дубровская И.К.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский филиал ГС РАН, Петропавловск-Камчатский,

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

В работе (Широков, Степанов, Дубровская, 2009) впервые на примере действующих камчатских вулканов Корякского и Ключевского было показано, что наиболее сильные вулканические землетрясения (ВЗ) статистически значимо приурочены к интервалу за трое-четверо суток до возникновения сильных мировых землетрясений (МЗ) с магнитудой  $M_w \geq 6.3$ . Например, в период январь-июль 2009 г. в 12 случаях из 18 ВЗ Корякского вулкана за трое суток до ТЗ сигнализировали о готовящихся в мире сильных ТЗ. Эти эффекты в комплексе с другими предвестниковыми аномалиями успешно использовались в реальном времени для прогноза сильных мировых ТЗ со временем упреждения до шести суток. С 9 по 16 августа 2009 г. в разных регионах мира произошло 6 землетрясений с  $M = 6.6-7.5$ . В соответствии с планетарно-региональной (ПР) моделью подготовки ТЗ (Широков, 2001, 2009 и др.), эта группа мировых землетрясений могла предвещаться оперативными, со временем упреждения менее недели, предвестниками в различных регионах Земли. Приведём имеющиеся данные о таких предвестниках на Камчатке: 1) с 7 по 28 августа в районе вулкана Корякский регистрировался рой вулканических землетрясений энергетического класса  $K \geq 3.7$ ; 2) с 9 по 27 августа наблюдалась мощная пеплогазовая активность Корякского вулкана с высотой выбросов до 5 км; 3) с 7 по 14 августа в районе южной Камчатки (станция «Карымшина») были зарегистрированы отрицательные аномалии градиента потенциала электрического поля в приземном воздухе (Руленко, Широков, Марапулец и др., 2010). Следовательно, предвестники наблюдались за 1–2 суток до первого события сейсмического кластера ТЗ. При этом отметим, что подобные аномальные эффекты на трёхмесячном интервале до 7 августа 2009 г. не регистрировались. Полученные данные согласуются с ПР-моделью подготовки тектонических землетрясений и объясняются их связью с процессами планетарного масштаба.

Таким образом, полученные результаты позволяют считать, что мощная активизация Корякского вулкана в августе 2009 г. и весь комплекс других описанных геофизических процессов являются следствием процессов планетарного происхождения.