

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  
28 – 29 марта 2013 г.

# Оглавление

## Секция I

### Проблемы молодого вулканизма Камчатки и Курил

<b>Авдейко Г.П., Палуева А.А.</b>	<b>9</b>
АДАКИТЫ КАМЧАТКИ: ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ	
<b>Близнецов В.Е., Сеников С.Л.</b>	<b>10</b>
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ПЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ И РАСЧЕТА ИХ ВЫСОТЫ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ	
<b>Андреев В.И., Топчиева О.М.</b>	<b>11</b>
ГОРА ПОВОРОТНАЯ У СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОДНОЖЬЯ ТОЛБАЧИКОВ – ФРАГМЕНТ СТРАТОВУЛКАНА.	
<b>Викулин А.В.</b>	<b>11</b>
КАЛЬДЕРЫ ОБРУШЕНИЯ, ПАРАМЕТРЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ОЧАГАГОВ И СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ	
<b>Викулин А.В.</b>	<b>12</b>
О РОЛИ ФЛЮИДА В ГЕОЛОГИИ	
<b>Вольнец А.О., Мельников Д.В.</b>	<b>13</b>
РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕРИОДА НАЧАЛА ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМЕНИ 50-ЛЕТИЯ ИВИС ДВО РАН ПО ПЕТРОЛОГИЧЕСКИМ И СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ	
<b>Гирина О.А., Демянчук Ю.В., Давыдова В.О., Плечов П.Ю.</b>	<b>15</b>
ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ 01 СЕНТЯБРЯ 2012 Г., ЕГО ПРОГНОЗ И ПРОДУКТЫ	
<b>Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Нуждаев А.А.</b>	<b>16</b>
СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ИВИС ДВО РАН В 2012-2013 ГГ.	
<b>Гордеев Е.И., Гирина О.А.</b>	<b>17</b>
20 ЛЕТ РАБОТЫ ГРУППЫ KVERT НА КАМЧАТКЕ	
<b>Дегтерев А.В., Рыбин А.В., Чибисова М.В.</b>	<b>18</b>
ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ЭКСПЛОЗИВНО- ЭФФУЗИВНОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА В 2009 Г. (О. МАТУА, ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЫ).	
<b>Делемень И.Ф.</b>	<b>19</b>
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ СТРОЕНИЯ «КОРНЕЙ» ВУЛКАНОВ И ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ	

<b>Долгая А.А., Акманова Д.Р., Викулин А.В.</b>	<b>20</b>
КОМПЛЕКС ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПО АНАЛИЗУ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ	
<b>Дрознин В.А., Дубровская И.К., Чирков С.А.</b>	<b>21</b>
ТЕРМОИЗОБРАЖЕНИЯ РАЙОНА ТТИ-50	
<b>Дунин-Барковский Р.Л., Таранов С.Р., Аникин Л.П., Васильев Г.Ф.</b>	<b>22</b>
ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ ИЗ ПРОДУКТОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВУЛКАНИТОВ И ОСАДОЧНЫХ ПОРОД КАМЧАТСКОГО КРАЯ	
<b>Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.</b>	<b>22</b>
ДИНАМИКА ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ В 2001 – 2011 ГГ. (КАМЧАТКА).	
<b>Жарков Р.В., Козлов Д.Н.</b>	<b>24</b>
ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА ИВАН ГРОЗНЫЙ В 2012 ГОДУ.	
<b>Зеленский М.Е., Малик Н.И., Округин В.М., Чубаров В.М.</b>	<b>25</b>
О ХИМИЗМЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И КОНДЕНСАТОВ ЛАВОВОГО КОТЛА НТТИ ИМ. 50 ЛЕТИЯ ИВИСДВО РАН	
<b>Зубов А.Г.</b>	<b>26</b>
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЛУБИН МАГМАТИЧЕСКИХ ПАЛЕООЧАГОВ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПЕТРОМАГНИТНЫМ МЕТОДОМ (ТИТАНОМАГNETИТОВЫЙ ГЕОБАРОМЕТР)	
<b>Иванов В.В.</b>	<b>27</b>
КРАТКИЕ ИТОГИ РАБОТ ИНСТИТУТА ВУЛКАНОЛОГИИ И СЕЙСМОЛОГИИ ДВО РАН ПО ПРОГНОЗУ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ (1955 – 2011ГГ.)	
<b>Карпов Г.А., Вергасова Л.П., Кривовичев С.В. и др.</b>	<b>28</b>
МИНЕРАЛЫ ЭКСГАЛЯЦИЙ НА ЛАВОВЫХ ПОТОКАХ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ИВИС ДВО РАН	
<b>Колосков А. В., Хубуная С.А., Ананьев В.В., Избеков П.Е.</b>	<b>29</b>
ТОЛБАЧИК – ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА (ГЕОЛОГО-ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)	
<b>Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А., Воропаев П.В.</b>	<b>30</b>
ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ ТОЛБАЧИНСКОЙ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ ПЕРЕД ТРЕЩИННЫМ ИЗВЕРЖЕНИЕМ 2012 – 2013 ГГ.	
<b>Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А., Горбатиков А.В., Степанова М.Ю.</b>	<b>31</b>
РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ТОЛБАЧИНСКОГО ДОЛА	
<b>Лепская Е.В., Маслов А.В., Свириденко В.Д.</b>	<b>32</b>
ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ФОРМЫ ФОСФОРА И АЗОТА В ШЛАКАХ ПЛОСКОГО ТОЛБАЧИКА (СОДЕРЖАНИЕ, ДИНАМИКА ВЫМЫВАНИЯ)	
<b>Леонов В.Л., Биндеман И.Н., Рогозин А.Н., Аникин Л.П.</b>	<b>33</b>
НОВЫЕ ДАТИРОВКИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД, СФОРМИРОВАВШИХСЯ ПРИ	

КРУПНООБЪЕМНЫХ ЭКСПЛОЗИВНЫХ ИЗВЕРЖЕНИЯХ НА ЮЖНОЙ КАМЧАТКЕ

<b>Максимов А.П.</b>	34
МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛОСЧАТЫХ АНДЕЗИТОВ ПРИ ИЗВЕРЖЕНИИ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННОГО В 1986 Г.	
<b>Маневич А.Г., Гирина О.А., Мельников Д.В. и др.</b>	35
АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ И СЕВЕРНЫХ КУРИЛ В 2012 Г.	
<b>Мельников Д.В., Самойленко С.Б., Волынец А.О., Мелекесцев И.В.</b>	36
ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАВОВЫХ ПОТОКОВ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМЕНИ 50-ЛЕТИЯ ИВИС ДВО РАН	
<b>Озеров А.Ю.</b>	37
МЕХАНИЗМ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ФОНТАНИРОВАНИЯ НА БАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНАХ	
<b>Романова И.М.</b>	37
СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО РЕПОЗИТОРИЯ ИВИС ДВО РАН – ОТКРЫТОГО АРХИВА НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ	
<b>Савельев Д.П.</b>	38
МЕЛОВЫЕ ПИКРИТЫ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ: НОВЫЕ ДАННЫЕ	
<b>Савельев Д.П., Аникин Л.П., Сокоренко А.В., Федосеев А.Ю.</b>	39
МИНЕРАЛЫ ВОЗГОНОВ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ИВИС: РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ РАБОТ В ФЕВРАЛЕ-МАРТЕ 2013 Г.	
<b>Свирид И.Ю., Шевченко А. В., Двигало В. Н.</b>	40
ТРЕЩИННОЕ ТОЛБАЧИНСКОЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ИНСТИТУТА ВУЛКАНОЛОГИИ ПО ДАННЫМ АЭРОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ	
<b>Титков Н.Н., Магуськин М.А.</b>	41
ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ 1975-2011 ГГ. В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ПРОРЫВА БТТИ. ДЕФОРМАЦИИ СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ТРЕЩИННОЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ 2012 Г. ПО ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ НЕПРЕРЫВНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ПУНКТАХ GPS СЕТИ В РАЙОНЕ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ.	
<b>Фирстов П.П., Белоусов А.Б., Махмудов Е.Р., Белоусова М.Г., Фи Д., Избеков П.Э.</b>	41
ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА ЭКСПЛОЗИВНОГО ГАЗА, ВЫДЕЛИВШЕГОСЯ ВО ВРЕМЯ НОВОГО ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ В ЯНВАРЕ-ФЕВРАЛЕ 2013 Г.	
<b>Флеров Г.Б., Мелекесцев И.В.</b>	42
ИЗВЕРЖЕНИЕ 2012–2013 ГГ. КАК РЕЗУЛЬТАТ ПРОДОЛЖАЮЩЕЙСЯ АКТИВНОСТИ ТОЛБАЧИНСКОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЗОНЫ ШЛАКОВЫХ КОНУСОВ	
<b>Фирстов П.П., Шакирова А.А., Арбугаева О.В.</b>	43
АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В ПЕРИОД МАЙ 2012 Г.- МАРТ 2013 Г. ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ И ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯМ	
<b>Хлебородова О.А.</b>	45
ВЫСОКО-МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ И ГЛИНОЗЕМИСТЫЕ МАГМЫ ВУЛКАНОВ	

ХАРЧИНСКИЙ И ЗАРЕЧНЫЙ КАК РЕЗУЛЬТАТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЕДИНОЙ  
РОДОНАЧАЛЬНОЙ МАГМЫ С ПЕРИДОТИТОМ

<b>Цуканов Н.В.</b> КРОНОЦКАЯ ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ПАЛЕОДУГА: ВОЗРАСТ, СТРОЕНИЕ И СОСТАВ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.	46
<b>Чернов Ю.Г., Аникин Л.П., Васильев Г.Ф., Дунин-Барковский Р.Л.</b> ПРОЯВЛЕНИЕ САМОРОДНОГО КРЕМНИЯ В ВУЛКАНИТАХ КАМЧАТКИ	47
<b>Чибисова М.В., Рыбин А.В.</b> МОНИТОРИНГ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ ЗА 2012 ГОД	47

## Секция II

### Геодинамика зоны перехода океан-континент

<b>Абкадыров И.Ф., Горбатиков А.В., Степанова М.Ю., Букатов Ю.Ю., Геранин К.О.</b> ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНЕ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ДАННЫМ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.	49
<b>Баранов Б.В., Дозорова К.А., Чайкина О.Н.</b> КИНЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСКРЫТИЯ КОМАНДОРСКОЙ КОТЛОВИНЫ	50
<b>Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Рашидов В.А., Трусов А.А.</b> ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО МАССИВА РИКОРДА (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА)	51
<b>Копылова Г.Н., Сизова Е.Г.</b> ВАРИАЦИИ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНАХ ЮЗ-5 И Е-1, КАМЧАТКА, ВЫЗВАННЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИМ СОБЫТИЕМ 28 ФЕВРАЛЯ 2013 Г., М=6.9	52
<b>Мороз Ю.Ф., Карпов Г.А., Мороз Т.А., Николаева А.Г., Логинов В.А.</b> ГЛУБИННЫЙ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ КАЛЬДЕРЫ УЗОН (КАМЧАТКА)	53
<b>Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А., Алексеев Д.А., Яковлев А.Г.</b> СТРОЕНИЕ ОЧАГОВОЙ ОБЛАСТИ ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ	54
<b>Мороз Ю.Ф., Самойлова О.М.</b> МАГНИТОВАРИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОЙ КАМЧАТКИ	55
<b>Фирстов П.П., Макаров Е.О., Сероветников С.С.</b> ПРЕДВЕСТНИКОВЫЕ АНОМАЛИИ В РАДОНОВОМ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЯХ ЗЕМЛИ ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ В АВАЧИНСКОМ ЗАЛИВЕ С М=5.6, 15.10.2012 Г.	56
<b>Яроцкий Г.П.</b> МОДЕЛЬ ГЛУБИННОЙ ТЕКТониКИ ТЕРРИТОРИИ ХАИЛИНСКОГО И ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ЮГО-ЗАПАД КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ)	57

### Секция III

## Гидротермальные процессы: геотермия, геохимия, метасоматоз

<b>Воронин П.О., Кирюхин А.В.</b>	<b>59</b>
ГАЗОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ГКМ)	
<b>Данилин Д.Д.</b>	<b>59</b>
ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИНДИКАТОРЫ ОБЛАСТЕЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ.	
<b>Жарков Р.В.</b>	<b>60</b>
ГЕОХИМИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ	
<b>Калачева Е.Г., Котенко Т.А., Котенко Л.В., Волошина Е.В.</b>	<b>61</b>
ТЕРМАЛЬНЫЕ ПОЛЯ И ИСТОЧНИКИ О.ШИАШКОТАН (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)	
<b>Карданова О.Ф.</b>	<b>62</b>
КАОЛИНИТЫ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)	
<b>Карташева Е.В.</b>	<b>64</b>
К ВОПРОСУ О ПРЕЦИЗИОННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	
<b>Кирюхин А.В., Рычкова Т.В.</b>	<b>64</b>
АНАЛИЗ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ОПОЛЗНЯ 3.06.2007	
<b>Кирюхин А.В., Мирошник О.О.</b>	<b>65</b>
ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО ПОТОКА И ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ НА ТЕРМАЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ	
<b>Назарова М.А., Карташева Е.В.</b>	<b>66</b>
АНАЛИЗ ГОРНЫХ ПОРОД В ОБЛАСТИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ	
<b>Николаева А.Г., Карпов Г.А., Кузьмин Ю.Д.</b>	<b>66</b>
ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА КАРЫМСКОГО И ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ В КАЛЬДЕРЕ АКАДЕМИИ НАУК ЗА ПЕРИОД 2006-2012 ГГ.	
<b>Павлова В.Ю., Делемень И.Ф.</b>	<b>67</b>
О СООТНОШЕНИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ И КЕПРОКА В ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ	
<b>Рашидов В.А., Федорченко И.А., Делемень И.Ф. и др.</b>	<b>68</b>
НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ТЕРМАЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК НАЛЫЧЕВСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	

**Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Щегольков Ю.В.** 69  
СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПИРИТА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ  
(ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

**Сергеева А.В., Рычагов С.Н., Назарова М.А.** 70  
СТРУКТУРНАЯ И ФАЗОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ГЛИН  
ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ

**Чернев И.И., Округин В.М., Москалева С.В. и др.** 71  
ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ НАД ЗОНАМИ ПОГЛОЩЕНИЯ СЕВЕРНОГО  
ФЛАНГА МУТНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАРОГИДРОТЕРМ

## **Секция стендовых докладов**

**Базанова Л.И.** 72  
12000 ЛЕТ ЭРУПТИВНОЙ АКТИВНОСТИ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА:  
ТЕФРОСТРАТИГРАФИЯ

**Базанова Л.И., Пузанков М.Ю., Кулиш Р.В.** 73  
О ВОЗРАСТЕ ШЛАКОВЫХ КОНУСОВ НА СОЧЛЕНЕНИИ ПОДНОЖИЙ АВАЧИНСКОГО  
И КОРЯКСКОГО ВУЛКАНОВ

**Воропаев П.В., Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А., Коновалова А.А.** 74  
ВАРИАЦИИ УРОВНЯ СЕЙСМИЧНОСТИ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА В 2000-2012 ГГ.  
(СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА)

**Гонтовая Л. И., Попруженко С.В., Сениюков С.Л.** 75  
ГЛУБИННАЯ СТРУКТУРА КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ И ЕЕ ОТРАЖЕНИЕ В  
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

**Гуревич Д.** 76  
КАРТИРОВАНИЕ СЕМЕЙСТВ КУПОЛЬНО-КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР ПРИ ПОИСКАХ  
ПОРФИРОВЫХ И ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Дирксен В.Г.** 77  
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЭВОЛЮЦИЯ ТОРФЯНИКОВ КАМЧАТКИ В ПОСЛЕДНЕЕ  
ТЫСЯЧЕЛЕНИЕ

**Дирксен О.В.** 78  
ЭТАПЫ ТЕРРАСООБРАЗОВАНИЯ НА Р.САВАН КАК ОТРАЖЕНИЕ ОБЩЕКАМЧАТСКИХ  
ПЕРИОДОВ ПОВЫШЕННОЙ ЭНДОГЕННОЙ АКТИВНОСТИ.

**Дрознин В.А., Дрознина С.Я.** 79  
ПРОСТРАНСТВЕННО ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПРИ ТТИ 50-  
ЛЕТ ИВИС

**Ермаков В.А., Гонтовая Л. И., Сениюков С.Л.** 80  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НОВОГО  
ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ (50 ЛЕТ ИВИС), ОСНОВАННАЯ НА ГЕОЛОГО-  
СТРУКТУРНЫХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ.

<b>Захаров Д.О., Соловьев А.В., Цуканов Н.В., Савельев Д.П.</b> МЕЛ-ПАЛЕОЦЕНОВЫЕ АНДЕЗИТЫ П-ОВА ШИПУНСКИЙ	<b>81</b>
<b>Зубов А.Г., Кочегура В.В.</b> ОПОРНАЯ ШКАЛА ПАЛЕОБЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА КАМЧАТКЕ В ДИАПАЗОНЕ 33-55 Т.Л.Н. И ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАГНИТОСТРАТИГРАФИИ	<b>82</b>
<b>Калачева Е.Г.</b> РОЛЬ НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКИХ ГИДРОСАЛЬФАТАР В ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД РУЧЬЯ ГРЕМУЧЕГО (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА).	<b>83</b>
<b>Калачева Е.Г., Королева Г.П.</b> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД ЗОНЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ХРЕБТА ВЕРНАДСКОГО (О. ПАРАМУШИР, КУРИЛЫ).	<b>84</b>
<b>Котенко Т.А., Калачева Е.Г., Котенко Л.В.</b> СОСТОЯНИЕ ВУЛКАНА КУНТОМИНТАР ( О. ШИАШКОТАН, КУРИЛЬСКИЕ О-ВА) В 2011 Г.	<b>84</b>
<b>Кузьмина А.А., Маневич Т.М., Самойленко С.Б.</b> ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛЕДНИКОВЫХ ВОД АВАЧИНСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ (КАМЧАТКА)	<b>85</b>
<b>Лемзиков В.К., Лемзиков М.В., Гарбузова В.Т.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ БРЮНА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ СРЕДЫ ПО ЗАПИСЯМ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ	<b>85</b>
<b>Лемзиков В.К., Шакирова А.А., Лемзиков М.В., Гарбузова В.Т., Ящук В.В., Дрознин Д.В.</b> ПОГЛОЩЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ВУЛКАНА КИЗИМЕН (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)	<b>86</b>
<b>Николаева А.Г., Бычков А.Ю., Карпов Г.А.</b> РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СОВРЕМЕННОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КАЛЬДЕРЫ АКАДЕМИИ НАУК (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)	<b>87</b>
<b>Поляков А.Ю., Кирюхин А.В.</b> PETRASIM – ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД	<b>88</b>
<b>Рогозин А.Н., Леонова Т.В., Леонов В.Л.</b> СУПЕРКАЛЬДЕРА КАРЫМШИНА (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА): ГИС И 3D ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОДАННЫХ.	<b>88</b>
<b>Свирид И.Ю., Шевченко А. В., Двигало В. Н.</b> МОРФОДИНАМИКА КРАТЕРА ТРОИЦКОГО ЗА ПОСЛЕДНИЕ 70 ЛЕТ	<b>89</b>
<b>Сидоров М.Д., Новаков Р.М., Таскин В.В., Савельев Д. П.</b> ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ КАМЧАТСКОЙ И АЛЕУТСКОЙ ОСТРОВНЫХ ДУГ.	<b>89</b>

<b>Салтыков В.А., Абкадыров И.Ф., Воропаев П.В., Кугаенко Ю.А.</b>	<b>90</b>
ВРЕМЕННАЯ СЕТЬ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В РАЙОНЕ НОВОГО ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ	
<b>Сероветников С.С.</b>	<b>91</b>
СЕТЬ НАКЛОНОМЕРНЫХ СТАНЦИЙ. РЕГИСТРАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОБУСЛОВЛЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА.	

## Секция I

# Проблемы молодого вулканизма Камчатки и Курил

---

### АДАКИТЫ КАМЧАТКИ: ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

**Авдейко Г.П., Палуева А.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Адакиты – сравнительно молодой термин, предложенный Дефантом и Друммондом (Defant and Drummond, 1999) для пород среднего и кислого состава, образовавшихся путем непосредственного плавления молодой ещё не остывшей океанической коры. Они характеризуются определенными геохимическими параметрами, наиболее показательным из которых является высокое Sr/Y отношение. По их данным, возраст океанической коры должен быть моложе 25-30 млн. лет. С. Пикок с соавторами (Peacock et al. 1994) рассчитали, что без учета сдвигового напряжения возраст океанической коры должен быть моложе 2 млн. лет при скорости субдукции 10 см/год, менее 4 млн. лет при 3 см/год и менее 5 млн. лет при скорости 1 см/год.

Несмотря на то, что возраст субдуцируемой Тихоокеанской плиты, поддвигаемой под Камчатку более 93 млн. лет, и она полностью остыла, на Восточной Камчатке, на юге Срединного хребта и в Камчатско-Алеутском сочленении встречаются породы с адакитовыми геохимическими характеристиками (Вольнец и др., 1998; Перепелов и др., 2009; Hoernle et al., 2007). Некоторые андезиты и дациты моногенных центров района вулкана Бакенинг, судя по анализам, приводимым (Dorendorf et al., 2000), также имеют адакитовые характеристики. Только адакиты Валовоймского вулканического поля (ВВП), в районе Камчатского перешейка обусловлены субдукцией сравнительно молодой Пракомандорской плиты (Kerzhinskas et al., 1996), но и ее возраст не подходит под параметры, приводимые С. Пикоком. В последнее время адакиты обнаружены на Молодом Шивелуче (Ferlito, 2011), но их образование Н.В. Горбач и М.В. Портнягин (2011) не связывают с зоной субдукции и с плавлением океанической коры.

Анализ пространственно-тектонического положения пород с адакитовыми характеристиками показал, что все они, за исключением ВВП, приурочены к зоне перескока субдукции на современное положение и очевидно связаны с новой зоной субдукции. Адакиты Восточной Камчатки располагаются на фронте новой зоны субдукции, а адакиты юга Срединного хребта и Камчатско - Алеутского сочленения приурочены к боковым разломам, по которым произошел перескок зоны субдукции. Второй особенностью адакитов является то, что они образуются в течение короткого интервала времени.

По нашей эволюционной модели, холодная Тихоокеанская плита получает дополнительное тепло, необходимое для плавления базальтов и осадков океанической коры двумя способами: (1) на первой стадии - за счет сколового напряжения в начальный период формирования субдукции, (2) затем, при дальнейшем поддвигании, - на контакте головной части субдукционной пластины с подсубдукционной астеносферой, имеющей температуру около 1400°C. Получение дополнительного тепла возможно ещё за счёт флексурного изгиба Тихоокеанской плиты по модели (Hirano et al.) перед её субдукцией.

В период перескока субдукции на трансформных разломах, в боковых частях зоны перескока на короткое время открывается субдукционные окна, где боковые части субдукционной пластины также контактируют с горячей подастеносферной мантией.

Формирование адацитов представлено на модельном рисунке и на эволюционных разрезах. Основной причиной образования адацитов на Камчатке является начальный период субдукции. Рассмотренная модель применима и для других зон субдукции в их начальный период. При стационарном режиме субдукции адациты образуются при формировании субдукционных окон, обеспечивающих контакт с горячей подастеносферной мантией.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ДВО 12-III-A-08-163

## ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ПЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ И РАСЧЕТА ИХ ВЫСОТЫ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ

**Близнецов В.Е., Сениюков С.Л.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, e-mail: sva09@emsd.ru*

Проблема своевременного оповещения ответственных служб о месте, времени и высоте пеплового выброса в режиме, близком к реальному времени, независимо от погодных условий и времени суток, остается актуальной, прежде всего, для обеспечения безопасности авиа полетов. Автоматизация процесса выделения и расчета высоты по сейсмологическим данным может существенно упростить и ускорить работу оператора.

Лаборатория исследований сейсмической и вулканической активности (ИСВА) Камчатского филиала Геофизической службы РАН начал применять в режиме реального времени оригинальный эмпирический метод для обнаружения и оценки высоты пепловых выбросов в 2003 г. Сейсмические сигналы, соответствующие пепловым выбросам, выделяются в результате временного спектрального анализа, а высота выбросов оценивается по интегралу абсолютной скорости. Все эти процедуры выполняются в программе Д.В. Дрознина. Результаты за период 2003-2011 гг. опубликованы в работе – [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=39353](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=39353) . К настоящему времени в лаборатории ИСВА создана база данных, включающая материалы видео, фото и визуальных наблюдений пепловых выбросов и сопутствующих им сейсмических сигналов для активных вулканов Камчатки. Например, на вулкане Шивелуч зафиксировано более таких 350 событий, Карымский - более 100, Кизимен - более 20, Безымянный - 9.

В 2012 г. были начаты работы по автоматизации процедуры выделения и расчета высоты пеплового выброса. В итоге в июне 2012 г. был запущен первый вариант такой программы, которая каждые 15 минут анализирует поступающие с сейсмостанций сигналы в реальном времени. Для выделения пеплового выброса программа использует частотный индекс  $FI$ , равный десятичному логарифму  $\log(A_u/A_l)$ , где  $A_u$  – амплитуда сигнала в высокочастотной полосе,  $A_l$  – амплитуда сигнала в низкочастотной полосе. Разделение непрерывной сейсмической записи по частотным полосам производится программой SWAN (автор – Д.В. Дрознин). Ретроспективный анализ данных видео и сейсмологических наблюдений показал, что вероятность автоматического выделения программой пеплового выброса для вулкана Шивелуч составляет около 75%. Вычисление высоты пеплового выброса производится по следующей формуле  $H=K \cdot FI \cdot (A \cdot \ln(A_1/A_2) - A_1)$ , где  $K$  – коэффициент,  $FI$  – частотный индекс,  $\ln(A_1/A_2)$  – натуральный логарифм отношения двух последовательных амплитуд,  $A_1$  – амплитуда сигнала. При этом коэффициент корреляции между высотами, наблюдаемыми по видео наблюдениям, и высотами, вычисленными по формуле, получился равным  $R=0.69$ .

Применение данной программы к другим активным вулканам показало на ее пригодность. Так в 2012 г. в режиме реального времени были автоматически выделены

эксплозивные извержения вулкана Безымянный 01 сентября и вулкана Плоский Толбачик 27 ноября.

## ГОРА ПОВОРОТНАЯ У СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОДНОЖЬЯ ТОЛБАЧИКОВ – ФРАГМЕНТ СТРАТОВУЛКАНА.

**Андреев В.И., Топчиева О.М.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Гора Поворотная расположена у северо-восточного подножья вулканов Острого и Плоского Толбачиков на высоте 1450 м, её относительная высота ~200 м, объем ~ 0,3 км<sup>3</sup>.

В строении г. Поворотной выделяются три лавово-пирокластических комплекса, один субвулканический и один вулканогенно-осадочный.

Химический состав пород г. Поворотной представлен базальтами, андезибазальтами интересергальной микроструктуры с содержанием SiO<sub>2</sub> – 51-55 %; K<sub>2</sub>O – 1-1,8 %. На вершине горы – развалы (возможно, бомбы) андезитов афировой микроструктуры с концентрацией SiO<sub>2</sub> – 58,6 %; K<sub>2</sub>O – 3,4% и <sup>238</sup>U – 10 г/т.

Субвулканический комплекс представлен дайками микродолеритов полнокристаллической микроструктуры. Вулканогенно-осадочный комплекс представлен гидротермально-измененными пестроцветными породами, прислоненными к северному склону горы. Гора Поворотная окружена глыбовыми потоками мезоплагиафировых лав ареальных конусов. Формирование горы Поворотной, очевидно, было продолжительным и её полный объем мог значительно превышать 1 км<sup>3</sup>.

## КАЛЬДЕРЫ ОБРУШЕНИЯ, ПАРАМЕТРЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ОЧАГАГОВ И СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

**Викулин А.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Кальдера обрушения и депрессия являются следствием опустошения магматического очага в результате извержения. Поэтому сечение магматического очага в плане может определяться площадью кальдеры. Тогда, зная объем выброшенного материала, можно определить «толщину» магматического очага. Используя данные о 76 наиболее сильных кальдерообразующих извержениях всей Земли (Spera, Crisp, 1981) и 287 вулканических современных формах Камчатки и Курильских островов (Леонов, Гриб, 2004; Мелекесцев, 2005) можно показать, что толщины (вертикальные размеры) магматических очагов изменяются в небольших пределах  $\Delta h \approx (1,5 \pm 0,5)$  км и не зависят ни от площади образовавшихся кальдер и депрессий (1 – 4500 км<sup>2</sup>), ни от объемов выброшенного при извержениях материала (0,1 – 10<sup>3</sup> км<sup>3</sup>). Эти данные указывают на то, что толщина магматического очага является параметром земной коры, вмещающей магматические очаги, и никак не зависит от самого вулканического процесса, его интенсивности и масштаба.

Границы литосферных плит при их движении испытывают большие нагрузки. Так, вращение тихоокеанской плиты в течение последних 40 млн лет сопровождалось пятью перестройками регионального поля напряжений, которые характеризовались большими изменениями его величины и ориентации: плита совершала знакопеременные вращения с амплитудой до 10 градусов и величиной перемещений вдоль границы до нескольких сот километров [Маслов, 1996]. Используя известные данные о локализации сдвиговых напряжений вблизи границ мезоструктур и экспоненциальной зависимости скорости

пластической деформации от напряжений и температуры были смоделированы такие интенсивные движения блоковой геосреды, имеющей, как известно, малую теплопроводность. Проведенные оценки показали, что такое интенсивное движение в окрестности окраины тихоокеанской плиты могло привести к образованию достаточно протяженных областей разогретого в результате пластической деформации вещества литосферы – предположительно «зародышей» вулканических островных дуг [Викулин, Иванчин и др., 2012].

Проведенные оценки показали, что при ротационном блоковом подходе к задачам геодинамики не требуется привлекать широко распространенные в настоящее время модели подъема магм с глубин мантии и ядра. Плавление вещества при достаточно интенсивном его движении может осуществляться за счет пластической деформации, происходящей вдоль границ блоков.

В свете описанного подхода можно сделать вполне определенный вывод о том, как изменяется строение блоковой земной коры и мантии с глубиной [Викулин, Иванчин, 2013]. Степень блоковости (раздробленности) геосреды в связи с изменением Р–Т условий с глубиной должна уменьшаться, на определенных глубинах она может достигать критических значений, создавая на этих глубинах условия для соответствующих фазовых переходов, которые реализуются пластической деформацией. Таким образом, блоковая земная кора и верхняя мантия в зоне перехода от океана к материкам должна состоять из слоев, между которыми находится расплавленное вещество, являющееся источником магмы, питающей извержения расположенных вдоль окраины вулканов.

## О РОЛИ ФЛЮИДА В ГЕОЛОГИИ

**Викулин А.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Согласно геологическому словарю (1978) термин флюид не имеет строго определенного значения. Действительно, цитируем (Т. 2, с. 364). «**Флюид рудоносный** – газообразные или жидкие растворы, переносящие рудные компоненты из магматического рудоносного очага. Термин употребляется обычно в тех случаях, когда агрегатное состояние этих растворов не известно. **Флюидалный** (от текучий) – передающий в твердом состоянии картину движения. **Ф.** структура – потокообразное расположение зерен или микролитов основной массы, огибающей фенокристаллы, если таковые имеются. Вызывается токами при движении вязкой застывающей лавы. **Ф.** текстуры широко развиты также в магматитовых потоках, которые достигали в процессе образования значительные степени пластичности. **Флюидизация** – процесс, в котором газ продвигается так быстро через вышележащие слои лавы, что составные части расплава переносятся вместе с газовыми пузырьками, создавая ориентированное их расположение». Из этих цитат видно, что понятие флюида включает в себя все агрегатные состояния (твердое, жидкое, газообразное), изотропию и анизотропию, оказывается связанным с каким-либо движением какого-либо компонента геосреды или сам инициирует движение какого-либо компонента среды – оно поистине всеобъемлющее. И в научных статьях и в докладах на различных мероприятиях авторы часто употребляют эту термин. Дискуссии по употреблению этого термина, как правило, не возникают. Это и понятно, у каждого свои представления о флюиде и спорить здесь бессмысленно. Часто авторы прячут за этот термин то, что они и сами не понимают и иногда делают это вполне сознательно.

Близкий по своей неопределенности термин есть и в физике – эфир. Впервые достаточно определенно это понятие как «апейрон» – вечная неопределенная материя, порождающая бесконечное многообразие сущего, было сформулировано Анаксимандром в 6 в. до н.э. Для

обоснования делимости вещества Бруно ввел представление о существовании между атомами эфира (15 в.). Бойль пустое пространство назвал вакуумом (1654 г.) и пытался выяснить остается ли в вакууме эфир при откачивании из сосуда воздух (1669 г.). Гипотезу эфира – абсолютного пространства, впервые высказал Ньютон (1672 г.). У Гюйгенса световые волны распространяются в чрезвычайно тонкой материи – эфире (1690 г.). У Эйлера эфир уже менее плотный, чем материя, но более упругий. В 19 и 20 вв. все исследователи, так или иначе, вынуждены были привлекать к рассмотрению представления об эфире. Эфир по Френелю – сплошная упругая среда, по Фарадею – совокупность силовых линий, по Максвеллу – переносчик близкого действия, по Стоксу – увлекается Землей, по Герцу – полностью захватывается материей, в то время как по Френелю – абсолютно неподвижен. И Ньютон и Эйнштейн самым кардинальным образом неоднократно меняли свои позиции в отношении эфира, то признавали его, то полностью отвергали. В настоящее время вопрос об эфире и/или вакууме полностью так и не решен. Имеется мнение, что «физический вакуум – это пустое (без материи) пространство–время, обладающее упругими свойствами. Эти свойства проявляются тогда, когда в пустое пространство помещается некая масса». Представления об эфире оказались исключительно плодотворны для развития представлений в разных разделах физики.

Проведенная аналогия показывает наличие у флюида, по сути, таких же важных не зависимых от свойств геосреды пространственно–временных свойств, как и у эфира–вакуума. Будем надеяться, что с развитием представлений о геосреде как блоковой субстанции и в геологическое понятие флюида будет внесена определенная фундаментальная ясность.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕРИОДА НАЧАЛА ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМЕНИ 50-ЛЕТИЯ ИВИС ДВО РАН ПО ПЕТРОЛОГИЧЕСКИМ И СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

**Волынец А.О., Мельников Д.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Трещинное Толбачинское извержение имени 50-летия ИВиС ДВО РАН (далее ТТИ-50) началось с раскрытия трещины, фонтанирования и излияния лавы в прорыве Меняйлова в 05:15 UTC 27 ноября 2012 года (по сейсмологическим данным КФ ГС РАН). Этот прорыв функционировал в течение трех дней; дальнейшее извержение происходило из трещины прорыва Набоко, расположенной ниже по склону Плоского Толбачика (в районе шлакового конуса Красный).

При сравнении вещественного состава пород, извергнутых за первые два месяца, обращает на себя внимание его резкое изменение в момент смены работы прорыва Меняйлова на прорыв Набоко: содержание  $\text{SiO}_2$  падает практически на 2 вес.% и остается на этом уровне в течение всего последовавшего до конца января периода извержения;  $\text{MgO}$  растет до 4.18 вес.%, а  $\text{TiO}_2$  – до 2.02 вес.%; уменьшаются концентрации  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ ; отношение  $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$  и  $\text{Mg}\#$ , колебавшиеся в породах прорыва Меняйлова в пределах 0.62-0.76 и 38-39.5 соответственно, в породах прорыва Набоко имеют значения 0.47-0.56 и 39.3-41.4. Пробы лав из потоков 2-7 декабря по  $\text{Mg}\#$ , содержанию  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  и щелочей, отношению  $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$  являются промежуточными между лавами прорыва Меняйлова и лавами прорыва Набоко, извергавшимися с середины декабря.

В связи с неблагоприятными метеорологическими условиями 27-28 ноября, данных прямых визуальных наблюдений, позволяющих оценить время раскрытия прорыва Набоко, нет, однако совокупность спутниковых и петрологических наблюдений позволяет высказать

предположения о ходе извержения в этот момент. В этом ключе интересными представляются анализы двух отобранных в первые дни извержения пеплов, TOLB1 и TOLB2. Образцы отобраны из двух горизонтов пепла выпавшего в районе пос. Майский. Более ранний пепел, TOLB2, имеет состав, в целом аналогичный составу пород прорыва Меняйлова, и, вероятно, выпал из пепловой тучи, изверженной во время раскрытия верхней части трещины. Пепел TOLB1, отобранный из верхнего горизонта, и выпавший не ранее чем через сутки после начала извержения (по метео данным) имеет состав, промежуточный между продуктами прорыва Меняйлова и прорыва Набоко, а по некоторым параметрам (концентрации  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $MgO$ , отношению  $K_2O/MgO$ ) соответствует составу лав прорыва Набоко. Анализ спутниковых данных спектрометра AIRS (спутник AQUA) позволил выявить 28 ноября 2012 г. в атмосфере высокие концентрации  $SO_2$ , связанные с текущим извержением. На момент обнаружения, облако, содержащее  $SO_2$ , располагалось в районе севера Якутии и южной части Восточно-Сибирского моря. Согласно данным метеорологической модели HYSPLIT, текущее положение облака возможно только при условии начала его формирования спустя примерно 16-18 часов после начала извержения, т.е. в 21-23 часа 27 ноября (по UTC). Таким образом, наши данные позволяют восстановить возможный ход начала извержения, когда прямые наблюдения были недоступны в связи с плохими погодными условиями, и дать предварительную оценку времени начала работы прорыва Набоко. Вероятно, в прорыве Меняйлова извергалась верхняя часть магматической камеры, имеющая дифференцированный состав и, возможно, до некоторой степени ассимилировавшая вмещающие породы и дегазированная; затем, в прорыве Набоко, расположенном гипсографически ниже, начали извергаться более богатые газом и менее фракционированные части магматического очага. Работа выполнена при финансовой поддержке ИВиС ДВО РАН, Программы 9 фундаментальных исследований ОНЗ РАН, гранта ДВО РАН 12-III-A-08-165.

## ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ 01 СЕНТЯБРЯ 2012 Г., ЕГО ПРОГНОЗ И ПРОДУКТЫ

**Гирина О.А.<sup>1</sup>, Демянчук Ю.В.<sup>1</sup>, Давыдова В.О.<sup>2</sup>, Плечов П.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [girina@kscnet.ru](mailto:girina@kscnet.ru)*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический ф-т*

Безымянный - один из самых активных вулканов мира. После катастрофического извержения 30 марта 1956 г. рост лавового купола в его эксплозивном кратере продолжается непрерывно до настоящего времени. Предыдущее извержение вулкана произошло 8 марта 2012 г.

Авиационный цветовой код вулкана (АЦКВ) в апреле-августе 2012 г. был Желтый – выжимание вязкого лавового потока на лавовый купол продолжалось, и почти все время на спутниковых снимках в районе вулкана отмечалась слабая термальная аномалия. С 22 августа начали фиксироваться серии поверхностных землетрясений, то есть активность вулкана усилилась, вероятно, начали выжиматься экструзии на вершине вулкана, части которых обрушивались и по склонам купола скатывались раскаленные или холодные лавины. Если 22, 27 и 29 августа было отмечено по одной серии землетрясений, то 31 августа – четыре. Если 28 августа в районе вулкана было зарегистрировано 17 сейсмических событий, то 31 августа – 71. Хотя с 26 по 31 августа вулкан был закрыт облачностью, было ясно, что готовится его новое эксплозивное извержение.

Основываясь на опыте наблюдений Безымянного в течение многих лет, в 08:13 UTC 01 сентября АЦКВ был изменен с Желтого на Оранжевый и было указано: «Активность вулкана постепенно растет. Сильные пепловые эксплозии до 15 км н.у.м. возможны в течение

следующих трех недель. Активность вулкана будет опасна для международной и местной авиации» (KVERT Release 2012-12: <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/index.php?n=2012-12>).

Согласно сейсмическим данным, **извержение началось в 19:16 UTC 01 сентября** с выбросов пепла до 4 км н.у.м., но уже в 19:30 UTC пепловая колонна поднялась до 10-12 км н.у.м. и мощный пепловый шлейф начал перемещаться на северо-восток от вулкана. Прогноз извержения вулкана оправдался.

Судя по спутниковым данным, взрывное извержение вулкана произошло на фоне общего снижения температуры аномалии в июле-августе. Резкое изменение размера аномалии до 10 пикселей и повышение ее температуры до 43 град. С произошло в момент этого извержения. В течение первых 4-х дней после извержения, когда на куполе выжимались первые порции нового лавового потока, температура аномалии в районе вулкана достигала 36 град. С, затем она стала постепенно снижаться. В результате извержения в долине Восточной сформировался пирокластический поток длиной 3.5 км.

Лава свежего облика, отобранная из нового пирокластического потока, светло-серого цвета со слабым болотно-коричневым оттенком на сколе, пористая. Макроскопически отмечается значительное количество вкрапленников плагиоклаза размером до 3 мм. В шлифе порода неполнокристаллическая, серийно-порфировой структуры. Вкрапленники и микролиты представлены плагиоклазом (резко доминирует), орто- и клинопироксеном, рудными минералами и редкими реликтами амфиболов. Вкрапленники плагиоклаза обладают ритмичной зональностью и имеют одну или несколько зон резорбции. Пироксены встречаются в виде отдельных вкрапленников, в сростках с другими пироксенами, плагиоклазом, рудными минералами. Клинопироксены содержат зоны роста, богатые расплавленными и твердофазными включениями. Рудный минерал формирует небольшие вкрапленники, встречается в основной массе. В породе обнаружены два опацифицированных зерна роговой обманки размером около 300 мкм. Опацифовая кайма зональна, внутренняя зона содержит больше магнетита, чем внешняя. Реликты роговой обманки окружены полнокристаллическим агрегатом, сложенным плагиоклазом, орто- и клинопироксеном, с редким рудным минералом. В шлифе также наблюдаются плотные полиминеральные обособления, практически не содержащие пор и стекла, сложенные рудным минералом, пироксенами и обрастающие плагиоклазами по краям.

## СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ИВИС ДВО РАН В 2012-2013 ГГ.

**Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Нуждаев А.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [girina@kscnet.ru](mailto:girina@kscnet.ru)*

Камчатка – один из наиболее активных районов нашей планеты. Сильные взрывные извержения вулканов, при которых пеплы поднимаются на высоту 8-15 км над уровнем моря, происходят здесь каждые полтора года. Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT – Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team), как часть Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, ответственна за обеспечение информацией о вулканической деятельности международного аэронавигационного сообщества. Сотрудники KVERT семь дней в неделю в рабочее время проводят непрерывный видео и спутниковый мониторинг действующих вулканов Камчатки и Северных Курил. Для наблюдения за вулканической активностью KVERT с 2002 г. использует информацию со спутников: MTSAT, NOAA (AVHRR, METOP-A), TERRA и AQUA (MODIS), ASTER, SPOT-5, OMI и др. С 2012 г. KVERT включен в рассылку системы предупреждения о повышенном содержании SO<sub>2</sub> в регионе, определяемом по спутниковым данным (<http://sacs.aeronomie.be>).

27 ноября 2012 г. началось Трещинное Толбачинское извержение, которое продолжается и сегодня. На трещине длиной около 5 км начали формироваться эруптивные центры, из которых сразу же стали изливаться лавовые потоки глиноземистых базальтов. На южном краю трещины выросли 4-5 шлаковых конусов, в кратерах трех верхних конусов продолжается фонтанирование лавы. Лавовые потоки протянулись до 20 км от центра извержения на западный склон и до 5-6 км на восточный склон Толбачинского дола, излияние лавовых потоков продолжается.

До начала извержения в районе прорыва трещины на Толбачинском долу термальная аномалия на спутниковых снимках не наблюдалась, в течение нескольких суток непосредственно перед извержением вулкан был закрыт плотной облачностью, в связи с этим, прогноз извержения по спутниковым данным сделать было невозможно.

После начала извержения и до настоящего времени в северной части Толбачинского дола постоянно отмечается крупная (размером 30-60 пикселей) термальная аномалия с температурой 65-67 град. С (предел измерения радиометра AVHRR спутника NOAA).

На спутниковом снимке ASTER от 29 ноября 2012 г. хорошо видны отложения двух лавовых потоков и пеплового выброса, произошедшего при раскрытии трещины. Пепловый шлейф протянулся до восточных отрогов Срединного хребта шириной ~ 40 км. На этом снимке длина каждого из двух лавовых потоков, излившихся из северной и южной частей трещины, достигала 10 км.

Согласно спутниковым данным, протяженность «южного» лавового потока быстро увеличивалась, к 10 декабря поток близко подошел к конусу Белая, то есть протяженность его увеличилась до 18-20 км от центра извержения. После 10 февраля первые лавовые потоки стали переливаться на восточный склон Толбачинского дола, обтекая конус Клешня. Нарастание площади и мощности нового лавового покрова на Толбачинском долу продолжается.

## 20 ЛЕТ РАБОТЫ ГРУППЫ KVERT НА КАМЧАТКЕ

**Гордеев Е.И., Гирина О.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [gordeev@kscnet.ru](mailto:gordeev@kscnet.ru)*

На Камчатке расположено 30 действующих вулканов. Четыре вулкана находятся в состоянии почти непрерывных слабых или умеренных извержений, на фоне которых происходят пароксизмальные эксплозивные события: Ключевской активен в течение нескольких сотен лет; Молодой Шивелуч - с августа 1980 г., со времени начала роста лавового купола в эксплозивном кратере, образовавшемся при катастрофическом извержении 12 ноября 1964 г.; Безымянный - с 22 октября 1955 г., с момента пробуждения после тысячелетнего молчания; Карымский - с 1 января 1996 г., с начала новой фазы активности вулкана. С 9 декабря 2010 г. продолжается извержение вулкана Кизимен, с 27 ноября 2012 г. – Трещинное Толбачинское извержение. Кроме этого, время от времени активизируются вулканы Авачинский, Мутновский, Горелый и др. В среднем, сильные эксплозивные извержения камчатских вулканов, при которых пеплы поднимаются на 8-15 км над уровнем моря и выше, происходят примерно один раз в полтора года. Такие события представляют высокую опасность для местных и международных авиалиний.

Для повышения безопасности авиapolетов при эксплозивных извержениях вулканов в 1993 г. на Камчатке была создана Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT - Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team). Целью KVERT является уменьшение риска столкновения самолетов с пепловыми облаками в северной части Тихоокеанского региона с помощью своевременного обнаружения повышения активности вулканов, распознавания и отслеживания облаков вулканического пепла, и оперативного

оповещения администраций авиакомпаний о появлении опасности, связанной с вулканическим пеплом.

В настоящее время Институт вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН выполняет функции Вулканологической обсерватории Российской Федерации по обеспечению информацией о вулканической деятельности на Дальнем Востоке международного аэронавигационного обслуживания пользователей воздушного транспорта (“Соглашение между Федеральным агентством воздушного транспорта, Российской Академией наук и Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по обеспечению информацией о вулканической деятельности на Дальнем Востоке международного аэронавигационного обслуживания пользователей воздушного пространства” от 06.12.2010.). KVERT, как часть ИВиС ДВО РАН, отвечает в России за обеспечение информацией о вулканической деятельности международных аэронавигационных служб и пользователей воздушного пространства. В связи с этим, учеными KVERT ежедневно семь дней в неделю в рабочее время анализируются данные мониторинга действующих вулканов Камчатки: сейсмического, осуществляемого Камчатским филиалом Геофизической службы (КФ ГС) РАН, видео-визуального (ИВиС и КФ ГС) и спутникового (ИВиС и Аляскинской вулканологической обсерваторией (АВО) Геологической службы США). Многосторонний анализ имеющихся опубликованных сведений о деятельности вулканов, а также данных, полученных KVERT в течение 20-летнего непрерывного мониторинга вулканов, позволяет с большой надежностью оценивать степень вулканической опасности для авиаполетов и населения полуострова. Для оценки степени опасности для авиации каждого из активных вулканов Камчатки ученые используют Авиационные цветовые коды, разработанные Международной организацией гражданской авиации (ICAO – International Civil Aviation Organization). Прогноз опасности действующих вулканов Камчатки для авиаполетов (VONA – Volcano Observatory Notice for Aviation) – еженедельно, а также по мере необходимости (в оперативном режиме при обнаружении пепловых выбросов и пепловых шлейфов в районе Камчатки; при регистрации подготовки или начала сильных эксплозивных извержений) в любой день недели публикуется на сайте ИВиС ДВО РАН (KVERT): <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/index.php>

## ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ЭКСПЛОЗИВНО-ЭФФУЗИВНОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА В 2009 Г. (О. МАТУА, ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЫ).

**Дегтерев А.В., Рыбин А.В., Чибисова М.В.**

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

В период с 11 по 19 июня 2009 г. на Центральных Курильских островах происходило крупное эксплозивно-эффузивное извержение в. Пик Сарычева, расположенного на о. Матуа (Центральные Курилы). Усилиями большого количества специалистов из разных стран мира были изучены различные аспекты произошедшего события – хронология, экологический и потенциальный климатический эффекты и др. (Гришин и др., 2010; Дегтерев, 2009; Левин и др., 2010; Рыбин и др., 2010; Naywood et al., 2010; Matoza et al., 2011; Rybin et al., 2011 и др.). Тем не менее, до настоящего времени вещественный состав продуктов этого извержения в отдельной работе не рассматривался.

Цель настоящей работы – рассмотреть особенности вещественного состава продуктов эксплозивно-эффузивного извержения в. Пик Сарычева 2009 г.

В основу работы положены оригинальные материалы авторов работы, полученные в ходе экспедиционных работ на о. Матуа в 2009-2010 гг. Образцы пирокластики 2009 г., включавшие отложения вулканического пепла (P5/2009, P6/2009), бомб (P14/2009, P20/2009)

и материала шлаковых пирокластических потоков (P4/2009, P8/2009, P9/2009) были отобраны на о. Матуа спустя 10 дней после окончания активной фазы извержения, что исключало возможность их “загрязнения” чужеродным материалом. В августе 2010 г. были получены образцы из фронтальной части “южного” лавового потока (P108/2009). Проба пеплов P35/2009 отобрана на борту экспедиционного судна “Капитан Казанцев” 13.06.2009 г. в 200 км к северу от вулкана (материал передал В.Г. Джек). Пеплы P41/2009 собраны с поверхности теплицы в планировочном районе г. Южно-Сахалинска, в 800 км от о. Матуа.

Химический состав продуктов извержения 2009 г. был изучен в аналитическом центре Дальневосточного геологического института ДВО РАН (г. Владивосток). Определение содержаний  $H_2O$ , п.п.п.,  $SiO_2$  выполнено методом гравиметрии аналитиком В.Н. Каминской, микроэлементы - методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре iCAP 6500Duo (Thermo Electron Corporation, США) аналитиками Г.И. Горбач, Е.А. Ткалиной, Н.В. Хуркало. Состав закалочных стекол и минералов определялся на рентгеновском микроанализаторе JXA-5a.

Продукты эксплозивно-эффузивного извержения в. Пик Сарычева в 2009 г. представлены двупироксеновыми андезибазальтами ( $SiO_2=52.30-55.90$  мас. %) умереннокалиевой серии ( $K_2O=1.01-1.30$  мас. %), являющихся преобладающими для рассматриваемого вулкана, начиная с позднего голоцена (Дегтерев и др., 2012). Незначительные различия в составе вулкаников характеризуют в основном различную степень их обогащенности резургентным материалом. Однородность состава ювенильного материала независимо от их фациальной принадлежности наглядно демонстрирует широкие возможности применения тефростратиграфических данных для изучения геохимической эволюции вулканических центров.

Авторы признательны В.Г. Джекху и Г.Н. Фесенко за предоставление ряда образцов вулканического пепла, а также своим коллегам – участникам экспедиций на о. Матуа в 2009-2010 гг. за помощь в проведении полевых работ. Отдельная благодарность экипажу учебного парусного судна «Надежда» и лично капитану С.А. Воробьеву за помощь в доставке вулканогеологического отряда на о. Матуа в 2010 г.

Исследования проведены при поддержке грантов РФФИ (№ 10-05-00797-а) и ДВО РАН (№ 12-III-B-08-058).

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ СТРОЕНИЯ «КОРНЕЙ» ВУЛКАНОВ И ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

**Делемень И.Ф.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

*Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга*

Морфоструктура (от древнегреческого *μορφή* — форма, и латинского *structura* — строение) — части рельефа земной поверхности, образованных на протяжении долгого времени во взаимодействии эндогенных и экзогенных сил, при преобладании роли эндогенных процессов. Считается, что неодинаковое строение и различная геологическая история отдельных участков земной коры определяют их морфологические различия. Поэтому классическая методика морфоструктурного анализа (работы И.П. Герасимова, Ю.А. Мещерякова и др.) заключается в сопоставлении данных о рельефе с данными о геологической структуре, создании классификации морфоструктур и районировании на её основе изучаемой территории. В такой постановке в вулканических районах в качестве элементарной морфоструктуры рассматривается вулкан (работы А.П. Кулакова и его учеников), что позволяет выявлять региональные особенности развития вулканизма, но не дает возможности уточнять особенности глубинного строения конкретных структур. Другое

направление, ориентированное на выявление морфоструктур очагового типа, было разработано для выявления магматических тел в земной коре и основано на анализе радиально-концентрических элементов в строении рельефа (работы И.К. Волчанской, Н.Т. Кочневой и др.). К сожалению, использование морфоструктурного анализа в современных вулканических областях затрудняется преобладанием аккумуляции над эрозией и аккумуляцией, что ставит под сомнение объективность результатов такого анализа. Однако появившиеся в последние годы новые данные о механизмах взаимодействия процессов эндо- и экзодинамики дают теоретические основания для использования метода в областях с преобладанием процессов вулканической аккумуляции. Вовлечение в анализ морфоструктур различного масштаба (от региональных до мезо- и макроструктур) позволяет выявлять проявленные в рельефе зоны деформаций над современными и отмершими магматическими очагами и интрузиями.

Для этого выполняется: 1) выделение морфоструктур и их парагенезов (с использованием анализа дистанционных материалов и морфометрической обработки топокарт); 2) сравнение результатов с геолого-геофизическими данными; 3) анализ и интерпретация обнаруживаемых закономерностей с точки зрения наличия источников деформаций в корневых зонах вулканов; 4) оценка параметров источников деформаций (местоположение, глубина залегания, размеры, форма).

Апробация метода была выполнена на некоторых наиболее изученных вулканах и вулканических центрах и кальдерах Камчатки. В частности, сопоставление полученных результатов с имеющимися моделями строения магматических питающих систем Ключевской группы вулканов показали хорошую сходимость.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ № 11-05-00602, Государственного задания № 5.3799.2011 и Минобрнауки России (в рамках программы стратегического развития ФГБУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012 – 2016 г.).

## КОМПЛЕКС ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПО АНАЛИЗУ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

**Долгая А.А., Акманова Д.Р., Викулин А.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Исследование закономерностей сейсмической и вулканической активности, проводимое авторами, предполагает применение различных методов анализа распределения очагов землетрясений и извержений вулканов в пространстве и времени. Все эти методы требуют проведение большого числа достаточно сложных вычислительных экспериментов с высокой степенью точности, что предполагает применение различных средств автоматизации вычислений. Перечисленные обстоятельства обусловили необходимость разработки специализированных программных продуктов, которые бы позволили бы автоматизировать расчеты в ходе изучения закономерностей сейсмической и вулканической активности.

Рассматриваемый комплекс информационно-вычислительных систем (ИВС) включает в себя:

1. приложение базы данных сейсмических и вулканических событий, позволяющее проводить статистический анализ данных;
2. информационно-вычислительную систему по изучению периодичности сейсмического и вулканического процессов;
3. автоматизированную информационную систему (АИС) по исследованию квазипериодичности сейсмического и вулканического процессов;
4. ИВС по исследованию миграции сейсмической и вулканической активности.

На основании имеющихся у авторов каталогов сейсмических и вулканических событий создана база данных MySQL и приложение, позволяющее просмотреть данные о содержащихся в базе событиях, провести выборку по необходимым пользователю параметрам и рассчитать статистические характеристики этой выборки. Также реализована возможность добавления данных в базу из различных источников и вывод полученных выборок в файлы различных типов.

Информационно-вычислительная система, разработанная для исследования периодичности сейсмических и вулканических событий, реализует алгоритмы Фурье-анализа временных рядов и спектрально-корреляционного анализа временных рядов. Программный продукт позволяет задавать параметры исследуемого временного ряда и проверяемого периода и экспортировать результаты проведения вычислительных экспериментов в MS Excel для дальнейшей обработки.

Автоматизированная информационная система, предназначенная для изучения квазипериодичности сейсмического и вулканического процесса, реализует метод проведения исследования, описанный в [Викулин, 2003]. Данный программный продукт дает возможность проводить вычислительные эксперименты в автоматическом режиме, пользователю лишь необходимо перед началом расчетов задать необходимые параметры.

ИВС, предназначенная для исследования пространственно-временных распределений очагов землетрясений и извержений вулканов, то есть миграции сейсмической и вулканической активности, подробно описана в [Викулин и др., 2012]. В настоящее время в программном продукте исправлены некоторые недочеты, выявленные ранее.

Перечисленные выше информационно-вычислительные системы позволяют проводить комплексный анализ и моделирование пространственно-временных закономерностей распределения очагов землетрясений и извержений вулканов и в дальнейшем войдут в состав единой информационной системы.

Разработка рассмотренных программных продуктов ведется с привлечением студентов 5 курса ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ», специальность «Прикладная информатика».

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН 12-III-A-08-164, гранта РФФИ 12-07-31215.

## ТЕРМОИЗОБРАЖЕНИЯ РАЙОНА ТТИ-50

**Дрознин В.А., Дубровская И.К., Чирков С.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Тепловизор высокого разрешения ThermoCAM P640 эксплуатируется в ИВиС ДВО РАН с 2008г. Тепловизионное исследование начавшегося извержения потребовало заново пересмотреть и учитывать при работе технические возможности аппаратуры, существенно ограничивающие эффективность термоизображений:

1) температура окружающей среды ниже предельной для работы тепловизора, составляющей  $-15^{\circ}\text{C}$ ;

2) диапазон измеряемых температур от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+1200^{\circ}\text{C}$  требует регистрации во всех трех диапазонах прибора: ( $-30$   $+120$ )  $^{\circ}\text{C}$ ; ( $0$ – $500$ )  $^{\circ}\text{C}$ ; ( $300$ – $1300$ )  $^{\circ}\text{C}$ , т.е. требует трехкратного выполнения одного и того же снимка;

3) площадь распространения лавовых покровов, порядка  $100\text{km}^2$ , слишком велика. Для достижения разрешения не хуже  $0.5$  м, при матрице ( $640\times 480$ ) ширина маршрута должна быть меньше  $300\text{m}$ .

На информативность термоизображений существенно влияет пепло-паровой смог. Снимки предлагается различать на термограммы и термоизображения; где анализируются

только контрасты температур. Основная цель съёмки - обнаружение и локализация термоаномалий.

В сообщении представлены термоизображения полученные в авиаоблётах 29.11.2012, 13.12. 2012, 27.12.2012, 15.02.2013 и в наземных кратковременных поездках

В первом полёте, в связи с отсутствием предварительной информации, регистрация осуществлялась с синхронным фотосопровождением ( средняя скважность 40 сек). Впоследствии, при плановой съёмке регистрация радиационного потока производилась с помощью нетбука, модернизированным В.Н. Дубровским, с частотой 3 кадра в сек.

Первичная обработка заключалась в создании монтажей изображений: накидных, панорамных и с сохранением радиационных значений. Монтажи и снимки привязывались к схеме извержения, выполненной В.Н. Двигало. Приведены монтажи термоизображений верхнего участка трещинной области, потоков Водопадного поля, Ленинградского поля, лавовой реки и конуса центра С.И. Набоко.

Обсуждаются вопросы хронологии работы центров и излияния потоков. Приводятся примеры напластования потоков и смены русла лавовых рек – процессы, которые следует учитывать при отборе образцов.

Обсуждается вопрос о влиянии разрешения на структуру термоизображений.

## ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ ИЗ ПРОДУКТОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВУЛКАНИТОВ И ОСАДОЧНЫХ ПОРОД КАМЧАТСКОГО КРАЯ

**Дунин-Барковский Р.Л.<sup>1</sup>, Таранов С.Р.<sup>2</sup>, Аникин Л.П.<sup>1</sup>, Васильев Г.Ф.<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup> *Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН*

<sup>3</sup> *Администрация г. Петропавловск-Камчатский*

Рассмотрены перспективы развития на Камчатке производство поликристаллического кремния с использованием местного сырья природного и техногенного происхождения. Россия нуждается в развитии производства поликристаллического кремния. Камчатский край имеет для этих целей соответствующие минеральные ресурсы – месторождения аморфного кремнезёма высокой степени чистоты (трепел, гейзерит), а также техногенные продукты – геотермальный конденсат (Мутновская ГЕОТЕС), вовлекаемый в производственный цикл, с содержанием кремнезёма до 1 грамма на литр. Ориентировочные запасы высококачественного камчатского кремнезёма – десятки тысяч тонн. Авторами работы проведены эксперименты по получению поликристаллического кремния 99,9% чистоты из гейзерита и трепела по методике магнетермии.

## ДИНАМИКА ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ В 2001 – 2011 ГГ. (КАМЧАТКА).

**Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

С августа 1980 г. на вулкане Шивелуч (56°6 с.ш., 161°4 в.д.) в центральной части кратера, образованного в ходе катастрофического извержения 12 ноября 1964 г., идет выжимание новых экструзивных куполов.

В предыдущих исследованиях выделено несколько этапов формирования купола. I этап - август 1980 г. – конец 1981 г. - выжимание экструзии; II этап - апрель 1993 г. – январь 1995 г. мощное эксплозивное извержение с последующей экструзивной деятельностью, сопровождающейся увеличением расхода изверженных продуктов и выжиманием новых экструзий. III – этап начался в апреле-мае 2001 г. и продолжается по настоящее время. Последний этап характеризуется тем, что экструзивный тип извержения, сменился эксплозивно-экструзивным с излиянием лавовых потоков. После кратковременных эксплозивных извержений в 2001, 2004, 2005 и в 2010 гг. наблюдалось усиление экструзивного процесса, которое выражалось в интенсивном приросте высоты и объема лавового купола.

В результате извержения 28 февраля 2005 г. мощными взрывами была разрушена западная часть вершины купола. Пирокластический поток, сопровождавший эксплозивное извержение, распространился до 25 км от вулкана. С марта 2005 г. до эксплозивного извержения 27 октября 2010 г. процесс выжимания лавовых куполов сопровождался пепловыми выбросами и отложением небольших пирокластических потоков.

27 октября 2010 г. произошло эксплозивное извержение, в ходе которого была разрушена восточная часть экструзивного купола. Это извержение было одним из сильнейших после начала роста экструзивного купола в августе 1980 г. Во время извержений 2007 и 2011 гг. после эксплозивных фаз на куполе наблюдалось образование вязких лавовых потоков длиной до 640 м. Интенсивную эксплозивную деятельность и разрушения лавовых куполов в 2005 и 2010 гг., а также сход протяженных вязких лавовых потоков, можно считать новым этапом деятельности вулкана.

После усиленной эксплозивной деятельности наблюдались периоды повышенной экструзивной активности. Расход продуктов извержений в такие периоды был максимальным (скорость прироста объема купола достигала 0.6 млн м<sup>3</sup>/сутки). В 2005 и 2010 гг. произошли крупные эксплозивные извержения с частичным разрушением лавового купола. Объемы разрушенных частей купола во время извержений 28 февраля 2005 г. и 27 октября 2010 г. соответственно были 0.04 и 0.28 км<sup>3</sup>; отложения пирокластических потоков - 0.16 и 0.02 км<sup>3</sup>.

Объемы разрушений купола 27.10.2010 г. были в 7 раз больше, чем разрушения 28.02.2005 г., в то же время объемы отложений пирокластических потоков в 2010 г. в 7 раз были меньше аналогичных отложений в 2005 г. Извержение 27.10.2010 г. было больше похоже на разрушение купола вследствие гравитационного обвала.

Отметим главные результаты, полученные на основании изучения формирования новых экструзивных образований на вулкане Шивелуч в 2001 – 2011 гг.

Начальный экструзивный этап извержения в последнее десятилетие сменился на эксплозивно – экструзивно – эффузивный. По мере заполнения кратера экструзиями увеличивается сейсмичность под вулканом на глубинах до 5 км и в постройке вулкана. Значительное усиление сейсмичности происходит непосредственно перед крупными эксплозивными событиями, что можно рассматривать как предвестник эксплозивного извержения.

Наибольший объем питающего магматического очага был получен авторами при извержении вулкана 12 ноября 1964 г. (220÷360 км<sup>3</sup>); во время последнего эксплозивного

извержения 27 октября 2010 г. с частичным разрушением лавового купола объем магматического очага был в пределах  $16 \div 65 \text{ км}^3$ .

## ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА ИВАН ГРОЗНЫЙ В 2012 ГОДУ.

**Жарков Р.В., Козлов Д.Н.**

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

Вулкан Иван Грозный (1159 м) расположен в южной части вулканического хребта Грозный на острове Итуруп (Южные Курильские острова). Проявления современной активности на вулкане приурочены к центральному эффузивному куполу. С середины XX века вулкан проявлял постоянную фумарольную активность, сопровождающуюся небольшими фреатическими и фреато-магматическими извержениями в 1951 г., 1964-1965 гг., 1967-1968 гг., 1970-1973 гг. Наиболее значительное извержение началось в мае 1989 г., в результате которого на вершине купола образовалась трещина длиной около 70 м и шириной до 3 м, вдоль трещины были локализованы мощные фумаролы.

Очередная активизация вулкана началась в 2012 г. С января по август 2012 г. зафиксированы десятки сейсмических событий с  $M < 3$  непосредственно под вулканическим хребтом и южнее, в акватории Тихого океана. При этом наблюдалось постепенное усиление сейсмичности, особенно в июле и начале августа, когда в районе вулкана Иван Грозный происходили землетрясения с  $M 3.3-4.3$ . В середине августа началась взрывная стадия активности вулкана, визуальные наблюдения за которым проводились нами с вулкана Баранского (12 км к северо-востоку от влк. И. Грозный), г. Курильска (24 км севернее вулкана), п. Горячие Ключи (9 км к западу от вулкана). В ночь с 15 на 16 августа произошла первая эксплозия, по сообщениям местных жителей в г. Курильске выпал пепел мощностью 1-2 мм и чувствовался резкий запах серы. В течение последующих двух недель визуально зафиксировано 8 пеплово-газовых выбросов на фоне высокой фумарольной деятельности. Наиболее мощные выбросы происходили из образованного жерла на северном склоне купола на высоте около 1050 м. 18 августа эруптивная колонна поднялась на высоту более 700 метров, на влк. Баранского отмечено выпадение пепла, в среднем выпало 5.5 грамм на  $1 \text{ м}^2$ . Последующие эксплозии высотой 300-1200 м отмечены 19, 21, 24 и 25 августа. По данным космоснимков и визуальных наблюдений пепловые шлейфы распространялись на север и северо-восток на десятки километров. 26 августа в 20:04 (здесь и далее по местному времени) из г. Курильска нами наблюдалась мощная пепловая колонна, которая за несколько минут поднялась на высоту более 3 км. По данным сейсмостанции «Курильск» СФ ГФС РАН, эксплозии предшествовало землетрясение  $M 3.9$  с эпицентром в 4 км северо-западнее вулкана Иван Грозный. Землетрясение произошло в 20:00 и ощущалось в г. Курильске силой 2-3 балла.

28 августа был совершен кратковременный облёт вулкана на вертолете Ми-8 и проведена инфракрасная съемка тепловизором SAT SDS Hotfind-LXS. Визуально купол вулкана после эксплозий практически не изменился, отложения пепла отмечены лишь на вершинной части купола, а ниже по склону наблюдалась типичная травянистая растительность. Основной очаг фумарольной деятельности сосредоточен на высоте  $\sim 1050$  м, размеры эруптивного жерла  $10 \times 20$  м, из него со скоростью около 5 м/с вырывался парагазовый столб, температура которого в области всплывающего составляла, по данным тепловизионной съемки,  $150-200^\circ\text{C}$ . Сопоставление результатов тепловизионной съемки с фото- и видео материалами позволило, используя методику (Гордеев, Дрознин, 2010; Дрознин, 2009; Дрознин, Дубровская, 2009), рассчитать тепловую мощность струйного термического потока, которая в момент измерений составила  $\sim 9.5 \text{ МВт}$ , а расход пара оценен примерно в 3.4 кг/с.

29 августа в 18:00 произошел небольшой пепловый выброс. Постоянная фумарольная деятельность без эксплозий сохранялась месяц. 28 сентября в 16:30 из п. Горячие Ключи наблюдалась пепловая колонна высотой около 1 км. 30 сентября при плохой видимости из г. Курильска местным населением был отмечен пепловый выброс. До настоящего времени на вулкане отмечается высокая фумарольная активность, выпадений пепла в населенных пунктах и на склоне вулкана не зафиксировано.

## О ХИМИЗМЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И КОНДЕНСАТОВ ЛАВОВОГО КОТЛА НТТИ ИМ. 50 ЛЕТИЯ ИВИСДВО РАН

**Зеленский М.Е.,<sup>1</sup> Малик Н.И.,<sup>2</sup> Округин В.М.,<sup>2</sup> Чубаров В.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт экспериментальной минералогии РАН, Черногловка*

<sup>2</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

В период с 25 по 27 февраля были отобраны пробы снега с застывшей корки лавового потока НТТИ им. ИВиС ДВО РАН и конденсаты вулканических газов. Пробы снега были взяты в 7 метрах от отверстия в покрове - своеобразного котла, в котором видна жидкая лава алого цвета с температурой 1075<sup>0</sup>С. Из котла происходило интенсивное газоотделение с образованием шлейфа, в зоне которого можно было работать только с противогазом. Температура газовой струи-шлейфа могла достигать 800-900<sup>0</sup>С. Шлейф взаимодействовал со снежным покровом, который сыграл роль своеобразного коллектора, обеспечившего концентрирование растворенных в газовой фазе химических соединений. Верхний слой снега был присыпан свежес выпавшим шлаком (выпал с 25 на 26.02.13). Одна проба была взята из верхнего слоя со свежес выпавшим шлаком (Т-378/2-13), а вторая - из нижележащего слоя (Т-378/1-13). Снег отбирался металлической лопатой с покрытием в чистые полиэтиленовые пакеты. Пробы таяли при комнатной температуре. Талые воды были отфильтрованы на фильтровальном аппарате (все детали пластиковые или стеклянные) через мембранные фильтры MF<sup>TM</sup> (d=0,45 мкм). Из них были отобраны пробы для гидрохимического анализа и определения тяжелых металлов методами ИСР. Водные пробы не стабилизировались и были проанализированы в течение 10 дней. В них впервые для вод Камчатки обнаружен необыкновенно широкий спектр химических элементов при аномально высоких концентрациях некоторых из них. Особого внимания заслуживает присутствие в них рения, таллия, индия, селена, теллура, кадмия, висмута, благородных и цветных металлов, лантаноидов. Конденсаты высоко-температурных вулканических газов, выделявшихся из этого котла, были отобраны по ставшей уже «стандартной» методике и проанализированы так-же методами ИСР. Полученные данные сопоставимы с таковыми для талых вод и отличаются в некоторых случаях более высокими концентрациями отдельных элементов. Среди минералов - продуктов реакций высокотемпературный газ - субщелочный глиноземистый базальт диагностированы самородный селен, тенорит, толбачит, меланоталлит, многочисленные фазы содержащие медь, селен, кальций, фтор, хлор, кислород и серу. В первых порциях лав - гринокит, самородная медь, интерметаллические соединения меди, железа, никеля.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЛУБИН МАГМАТИЧЕСКИХ ПАЛЕООЧАГОВ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПЕТРОМАГНИТНЫМ МЕТОДОМ (ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫЙ ГЕОБАРОМЕТР)

**Зубов А.Г.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

В свежих лавах и пирокластике магнитные минералы обычно находятся в состоянии твёрдых растворов в основном титаномагнетитов (ТМ) и некоторой доли гемоильменитов. Быстрое остывание вулканических продуктов консервирует их минералогический состав, который отражает его равновесное состояние в последнем магматическом очаге. То есть состав титаномагнетитов и гемоильменитов есть следствие условий в этом очаге: какое давление, температура, окислительная среда. Учесть все параметры трудно. Предполагается, что в среднем каждой глубине соответствует свой набор этих параметров, не очень сильно варьирующий. Лабораторные исследования титаномагнетитов позволили найти связь их состава с этими параметрами. Таким образом была получена кривая, связывающая состав ТМ с глубиной очага.

Одна из важнейших магнитных характеристик минералов является температура Кюри ( $T_c$ ). При этой температуре пропадают ферромагнитные свойства и материал становится парамагнетиком. В титаномагнетитовом ряду при увеличении концентрации титана минерал изменяется от чистого магнетита  $Fe_3O_4$ , имеющего  $T_c = 580^\circ C$ , до ульвошпинели  $Fe_2TiO_4$  с  $T_c = -155^\circ C$ . Зависимость  $T_c$  от состава ТМ известна, и она однозначна. По составу ТМ можно определить  $T_c$  и наоборот.  $T_c$  можно узнать анализируя температурные кривые таких параметров как магнитная восприимчивость, намагниченность насыщения и индуктивная намагниченность, а также некоторые виды остаточных намагниченностей. Всё это требует наличия соответствующих приборов и установок. Одна из трудностей, встречающаяся при измерениях — температурная нестабильность изучаемых минералов.

Другой способ определения состава ТМ — микрозондовый. При этом изучаются отдельные зёрна ТМ, анализируется их сохранность и определяется элементный состав. Для повышения надёжности результатов сочетаются оба метода — магнитометрический и микрозондовый.

При остывании и в постмагматических процессах могли всё же происходить минералогические изменения. Мог распасться твёрдый раствор ТМ, который неустойчив при обычных условиях, или произойти его окисление. Такие минералы несут уже искажённую информацию об очаге. При простом распаде есть надежда специальными процедурами восстановить исходный состав. Окисление же необратимо, и образцы приходится браковать. Важнейшая задача при таких исследованиях — найти образцы с наиболее сохранившимся составом и доказать минералогическую стабильность ТМ в них. Если при использовании разных методов получается одинаковый результат, именно такие результаты в первую очередь используются для определения глубин магматических очагов.

Для опробования метода был произведён термомагнитный анализ тефры разных разрезов Авачинского вулкана. Анализ проводился на чешском каппамосте с печью, принадлежащем ВНИГРИ. По форме кривых резко разделились андезитовые и андезибазальтовые образцы. Первые оказались довольно устойчивыми к нагреву и все дали  $T_c \approx 400^\circ C$ . Некоторые уверенно показали наличие гемоильменитовой компоненты. У вторых кривые нагрева и охлаждения заметно отличаются, что говорит о минералогической неустойчивости к нагревам. Гемоильменитовая компонента здесь не выявляется, а  $T_c \approx 320^\circ C$ . Приятно было отметить, что сходство некоторых кривых подтвердило принадлежность образцов из разных разрезов к одному горизонту. Других анализов ТМ не проводилось. Однако хорошее группирование результатов создаёт впечатление надёжности. Согласно полученным данным

глубина очага для андезитов ( $21 \pm 4$ ) км (5,2-5,3 т.л. по радиоуглероду), для андезибазальтов ( $30 \pm 5$ ) км (2,4-3,0 т.л. по радиоуглероду).

## КРАТКИЕ ИТОГИ РАБОТ ИНСТИТУТА ВУЛКАНОЛОГИИ И СЕЙСМОЛОГИИ ДВО РАН ПО ПРОГНОЗУ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ (1955 – 2011ГГ.)

**Иванов В.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; e-mail: [victor@kscnet.ru](mailto:victor@kscnet.ru)*

На Камчатке в XX столетии произошло четыре пароксизмальных извержения с объемами изверженных продуктов от 1.5 до 3 куб. км: Ксудача в 1907 г., Безымянного в 1956 г., Шивелуча в 1964 г., БТТИ в 1975-1976 гг. и несколько десятков более слабых извержений. Регулярные вулканологические наблюдения начались в 1935 г. Сейсмологические наблюдения начались в 1946 г. (по инициативе Б.И. Пийпа), детальные - с 1961 г., РТС - с 1976 г., цифрового накопления и оперативной обработки данных - с 1996г. (КФ ГС РАН). В 1960-1992 гг. П.И. Токаревым создана научная школа по прогнозу вулканических извержений. Были разработаны методы краткосрочного прогноза побочных извержений базальтовых вулканов и умеренных извержений вулкана Безымянного (П.И. Токарев), комплексного прогноза побочных извержений вулкана Ключевского, долгосрочного и среднесрочного прогноза времени и масштаба извержений на основании учета влияния космических факторов, неравномерности вращения Земли (В.А. Широков). С 1985 г. обсуждение и систематизация прогнозных заключений проводится экспертными советами по прогнозу землетрясений и извержений вулканов ИВ (ИВиС ДВО РАН) и КФ ГС РАН, а также группой KVERT.

С 1955 по 2011 гг. Камчатской вулканостанцией, ИВ, ИВГиГ и ИВиС ДВО РАН было выдано 26 успешных прогнозных заключений, которые в той или иной степени оправдались. Из них прогнозов сделано 13, остальные заключения не содержали точных указаний прогнозируемых временных интервалов и их следует отнести к предвидениям (в данной работе не рассматриваются прогнозы КФ ГС РАН). Выдающийся результат - успешный краткосрочный прогноз П.И. Токаревым времени начала и места БТТИ в 1975-1976 гг., опубликованный в областной газете за 4 дня до начала извержения. Еще ряд успехов: а) среднесрочные (с заблаговременностью от 1 мес. до 1 года) прогнозы извержений вулканов: Ключевского в 1974 г. (В.А. Широков; И. В. Кирсанов, Г.П. Пономарев, Г.С. Штейнберг), Карымского в 1996 г. (А.В. Сторчеус), Шивелуча, Эбеко, Мутновского и Горелого газогидрохимическим методом (И.А. Меняйлов, Л.П. Никитина, Г.М. Гавриленко); б) краткосрочные прогнозы: появления III конуса БТТИ в 1975 г. (В. В. Степанов, В.Т. Гарбузова), кризиса в Карымском вулканическом центре 1.1.1996 (академик С.А. Федотов), извержений Шивелуча в 1993 г. (группа авторов, рук. В.А. Широков) и в 2001 г. (В.В. Иванов), Безымянного вулкана в 2001-2012 гг. (О.А. Гирина).

Однако это только отдельные успехи. Из четырех сильных эксплозивных извержений одного из самых опасных андезитовых вулканов Камчатки Шивелуча в 1993, 2001, 2005 и 2010 гг. было предсказано только два, остальные не предвлялись заметной сейсмичностью и оказались неожиданными. Из нескольких вершинных извержений андезитового Карымского вулкана было предсказано всего одно извержение, начавшееся 2.1.1996, однако, одновременное с центральным моногенное базальтовое извержение в Карымском озере 2-3.1.1996 не ожидалось. Ни одно вершинное извержение андезибазальтового Ключевского вулкана не было предсказано в краткосрочном варианте, умеренное по силе вершинное извержение Авачинского вулкана в 1991 г. также не предвлялось роями вулканических землетрясений и поэтому не ожидалось. Несмотря на имеющиеся методы прогноза, среди нескольких побочных извержений Ключевского вулкана с начала сейсмологических

наблюдений на нем (1959 г.), было предсказано всего одно (1983 г., П.И. Токарев - время, В.И. Горельчик, В.Т. Гарбузова - место). Давалось много ложных тревог. Например, в апреле 1974 г. на основании развития роя вулканических землетрясений ожидалось побочное извержение Ключевского вулкана, однако, в заданное время оно не произошло, а случилось в августе этого же года. Таким образом, несмотря на развитие систем наблюдений, прогнозирование извержений вулканов и в настоящее время представляет собой серьезную научную и техническую проблемы.

В работе анализируются возможные причины различного характера сейсмологической подготовки и отсутствия предвестников для ряда извержений вулканов на Камчатке и формулируются перспективные направления исследований, развития методов наблюдений и мониторинга, которые позволят, по мнению автора, улучшить эффективность прогнозирования.

## МИНЕРАЛЫ ЭКСГАЛЯЦИЙ НА ЛАВОВЫХ ПОТОКАХ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ИВИС ДВО РАН

**Карпов Г.А.,<sup>1</sup> Вергасова Л.П.,<sup>1</sup> Кривовичев С.В.,<sup>2</sup> Филатов С.К.,<sup>2</sup> Философова Т.М.,<sup>1</sup> Аникин Л.П.<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский Государственный университет*

Одной из отличительных особенностей Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС ДВО РАН является обилие новообразованных минеральных фаз, отлагающихся на поверхности базальтовой лавы в участках выхода газовых эманаций практически сразу после застывания лавы. В связи с тем, что базальтовый материал лавовых потоков в процессе их движения имеет высокую температуру, достигающую 1000 и более градусов Цельсия, даже при остановке движения лавовых потоков и при их остывании, на глубине всего 20-30 см, долгое время сохраняется высокая температура. Из этих зон, в зависимости от степени трещиноватости и пористости породы, длительное время идёт интенсивное выделение окклюдированных газов, сопровождающееся отложением минеральных новообразований разного состава, дисперсности и цвета. Чаще наблюдаются отложения белого, зелёного, синеватого и коричневатого цвета

Одним из авторов этого сообщения в декабре 2012 г. и в феврале 2013 г. были отобраны пробы минеральных новообразований эксгаляций ТТИ им. 50-летия ИВиС ДВО РАН.

Диагностика новообразований основана на данных микроскопического изучения вещества, с использованием рентгенографии поли- и монокристаллов, а также электронно-микроскопического метода (растровый электронный микроскоп фирмы TESCAN "Vega3" с энергетическим спектрометром X-MAX (Oxford)).

Идентифицированы минералы 4 классов химических соединений - самородные, окислы, галоиды и сульфаты. Обнаружены следующие минералы - самородные Al, Sn, Fe, Cu, гематит, тенорит, нашатырь, эриохальцит, галит, сильвин, халькокианит, барит, англезит, тенардит, а также ранее неизвестный оксосульфат меди, калия и натрия, образующий призматические кристаллы тёмно-зелёного цвета. Исследование кристаллической структуры этой фазы показало, что соединение, по всей видимости, является новым минералом, близким по составу и структуре к пийпиту, ключевскиту и алюмоключевскиту. Основу структуры составляют цепочки  $[O_2Cu_4]^{4+}$  из связанных по рёбрам оксоцентрированных тетраэдров  $(OCu_4)^{6+}$ , окружённые сульфатными группами. В пространстве между цепочками располагаются полностью упорядоченные позиции катионов  $Na^+$  и  $K^+$ . Новое соединение

имеет все перспективы стать первым минералом, открытым среди минералов эгсгаляций Трещинного Толбачинского извержения имени 50-летия ИВиС ДВО РАН.

Широкий спектр самородных среди минералов эгсгаляций лавовых потоков на ранней стадии процесса минералообразования обусловлен деятельностью восстановленных газов эруптивного процесса.

В докладе делается детальное описание обстановки обнаружения новообразованных минеральных фаз, состав и наблюдаемые ассоциации минералов эгсгаляций ТТИ им. 50-летия ИВиС ДВО РАН

## ТОЛБАЧИК – ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА (ГЕОЛОГО-ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

**Колосков А. В.<sup>1</sup>, Хубуная С.А.<sup>1</sup>, Ананьев В.В.<sup>1</sup>, Избеков П.Е.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [kolosav@kscnet.ru](mailto:kolosav@kscnet.ru)*

<sup>2</sup> *Геофизический институт, Университет Аляска, Фэрбенкс, США  
e-mail: [pavelizbekov@gmail.com](mailto:pavelizbekov@gmail.com)*

В конце ноября 2012 года было отмечено значительное повышение сейсмической и магматической активности в районе Толбачинского вулкана. Произошло образование нескольких разных по размеру и морфологии шлако-лавовых конусов и двух сложных по конфигурации лавовых потоков значительной мощности и протяженности. Последующие визуальные и наземные наблюдения показали, что мы имеем дело с новым извержением, по своим масштабам на тот же период активности сопоставимым с БТТИ 1975-76 г.г., а в дальнейшем, возможно, и превосходящем это событие. Трещинный характер, высокая скорость подачи материала, большая текучесть расплавов, слабая кристалличность пород – признаки извержения Гавайского типа, для которого предполагается прямое мантийное питание. Так как многие особенности этого извержения структурного, вещественного и генетического плана сейчас остро дискутируются, возникла необходимость небольшого предварительного обобщения, цель которого – найти место новому извержению (ТТИ-50) на фоне известной общей палитры проявлений вулканизма Ключевской группы вулканов (КГВ) и попытаться объяснить некоторые его специфические особенности. В пределах КГВ находятся два уникальных длительно развивающихся вулканических центра: Толбачинский и Плоских сопки, сходные по морфологии и составу продуктов извержений, но отличающиеся от таких вулканов центрального типа как: Ключевской, Камень, Безымянный. Характерной особенностью эруптивной активности этих вулканических центров на позднеплейстоценоголоценовом этапе является наличие построек двойного стратовулкана (Острый и Плоский Толбачик на одном, Ушковский и Крестовский вулканы – на другом) и сопутствующих трещинных зон шлако-лавовых конусов. Специфическим признаком проявления вулканизма обоих центров является совмещение двух серий пород: известково-щелочной, обычного островодужного типа и высокотитанистой субщелочной «внутриплитного» геохимического типа. При этом обе серии одинаково проявлены как в самом вулкане, так и в его трещинной зоне конусов. На соседствующих вулканах КГВ отмечается лишь одна известково-щелочная серия. Первые анализы состава продуктов ТТИ-50 свидетельствуют о том, что здесь мы имеем развитие внутриплитной трахибазальт-трахиандезитовая серия, которая до того в укороченной форме была представлена на Толбачинском центре, но в полном виде (вплоть до трахиандезитов) фиксируется на эволюционно более продвинутом вулканическом центре Плоских сопки. Используя сценарий развития последнего, можно предположить, что расплавы ТТИ-50 в эволюционном плане вряд ли продвинулись далее составов трахиандезитов с содержанием не более 60-63% SiO<sub>2</sub> и суммой щелочей до 6-7%.

По соотношению изотопов  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  оба вулканических центра характеризуются наличием мантийного источника питания, в отличие от вулканов Ключевского, Камень, Безымянного, расплавы которых, повидимому, изначально имеют коро-мантийную природу. Рассмотрение ТТИ-50 как закономерный этап эволюции единого вулканического центра открывает новые перспективы в его изучении.

Основной проблемой дальнейших исследований вулканических центров Толбачинского и Плоских сопки является выяснение причин появления двух столь разных по составу магм (известково-щелочной и субщелочной) в ходе эволюции единой флюидно-магматической системы. Малая степень контаминации расплавов коровым материалом и ограниченные возможности модельного фракционирования в периферических очагах вынуждает решение этой проблемы искать на мантийном уровне.

## ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ ТОЛБАЧИНСКОЙ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ ПЕРЕД ТРЕЩИННЫМ ИЗВЕРЖЕНИЕМ 2012 – 2013 ГГ.

**Кугаенко Ю.А., Салтыков В.А., Воропаев П.В.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

Технические характеристики современной системы мониторинга сейсмической активности Ключевской группы вулканов позволяют исследовать процессы подготовки извержений на низком энергетическом уровне и выявлять скрытые особенности сейсмического процесса. Уровень надежной регистрации землетрясений для района «вулкан Плоский Толбачик – Толбачинский Дол» для каталога 1999-2012 гг. составляет  $K_{\min} = 4.5$ .

К особенностям сейсмичности Толбачинской вулканической зоны относятся:

– анизотропия проявления мелкофокусной сейсмической активности Толбачинского Дола, где большинство землетрясений происходит к востоку от основного магмоподводящего разлома;

– сейсмический отклик Толудской эпицентральной зоны на трещинные извержения и повышение сейсмической активности вулкана Плоский Толбачик;

– разнообразие проявлений сейсмической подготовки перед трещинными извержениями Толбачинского Дола (ярким примером этого являются извержения 1975-1976 гг. и 2012-2013 гг.)

Для обнаружения возможных аномалий, предшествовавших трещинному Толбачинскому извержению 2012-2013 гг. им. 50-летия ИВиС ДВО РАН, проведен ретроспективный анализ сейсмичности района извержения по каталогу Ключевской группы вулканов 1999-2012 гг. Рассматривались сейсмические события, зарегистрированные в радиусе 10 км от вершины вулкана Плоский Толбачик в диапазоне глубин до 30 км. Ретроспективный анализ сейсмических данных позволил выявить аномалию сейсмического режима перед началом трещинного Толбачинского извержения 2012-2013 гг. Аномалия проявляется в параметрах сейсмичности низкого энергетического уровня (преимущественно  $K_s = 4\div 6$ ) и представляет собой статистически значимую сейсмическую активизацию. Длительность аномалии (с появления возможности ее идентификации в оперативном режиме) составляет не менее 3 месяцев. На карте эпицентров сейсмическая активизация проявляется в виде двух пространственно разнесенных групп землетрясений и охватывает обширную область: как зону нового извержения, так и всю постройку вулкана Плоский Толбачик.

Для того, чтобы оценить и охарактеризовать выявленную сейсмическую активизацию, была применена шкала уровня сейсмичности СОУС'09 (Салтыков, 2011). Шкала СОУС'09 привязана к статистической функции распределения сейсмической энергии как к параметру, характеризующему уровень сейсмичности заданного пространственного объекта в

определенный временной интервал. С помощью этого подхода ретроспективно выявлен статистически значимый переход уровня сейсмичности с фонового на высокий, а затем на экстремально высокий уровень, что соответствует многократному увеличению числа землетрясений и выделившейся сейсмической энергии в июле-ноябре 2012 г. Уход с фонового уровня отмечается с августа 2012 г. Последние три недели перед трещинным прорывом 2012 г. сейсмичность анализируемого сейсмоактивного объема находилась на экстремально высоком уровне. Аномалия является уникальной для сейсмического процесса в районе вулкана Плоский Толбачик и не имеет аналогов по сейсмическим данным 1999-2012 гг.

## РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ТОЛБАЧИНСКОГО ДОЛА

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

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

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

С целью развития представлений о глубинном строении магматической системы и питающих каналов Толбачинского Дола (южной региональной зоны шлаковых конусов вулкана Плоский Толбачик) в 2010-2012 гг. широкополосной цифровой аппаратурой выполнена съемка фонового микросейсмического излучения вдоль трех параллельных линейных профилей, заложенных через эруптивные центры разного возраста вкрест основного магмоподводящего разлома. Средняя часть Толбачинского Дола представляет отдельный интерес и имеет ряд особенностей: сосредоточение здесь самых крупных шлаковых конусов (относительная высота около 300 м); контрастность состава поступающей на поверхность магмы; высокий коэффициент эксплозивности извержений последних 2 тыс. лет. Здесь находится Северный прорыв (1975 г.) Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ).

В работе применен метод низкочастотного микросейсмического зондирования, разрабатываемый в ИФЗ РАН (Горбатиков, 2005) и рассматриваемый в настоящее время как новая технология пассивной сейсмологии. В качестве источника информации используются сейсмические сигналы естественной природы – фоновое микросейсмическое излучение в широком диапазоне частот.

Первый профиль пересек цепочку конусов Северного прорыва БТТИ 1975-1976 гг. Второй прошел на 3 км южнее, через область более древних извержений, представленную вулканическими постройками горы Высокой (возраст - менее 1000 лет) и горами 1004 и Пра-Высокой (возраст – около 2000 лет). Третий профиль был заложен через голоценовый шлаковый конус Алайд (возраст – 1000-1500 лет). Длина профилей 14-15 км, шаг съемки 500 м.

По данным микросейсмической съемки построены глубинные разрезы до 20 км, отражающие распределения относительных скоростей поперечных сейсмических волн вдоль указанных профилей. Наряду с выявлением под Северным прорывом БТТИ скоростных неоднородностей на глубинах 2-3 км, 7-8 км и 15-20 км, обнаруженных в ходе выполненных ранее геофизических исследований этого извержения и проинтерпретированных как возможные магматические очаги, нами получены новые результаты о глубинном строении исследуемого района. Под тремя прорывами показаны элементы магматической системы, которые проявляются как низкоскоростные аномалии. Выявленные аномалии сопоставлены с данными по геофизической изученности глубинного строения исследуемого района и проинтерпретированы как разноглубинные области магматических очагов и соединяющих их питающих каналов. Обнаружено, что поступление магмы в приповерхностные очаги могло

идти из разных глубинных источников по пространственно обособленным магмоводам, что является одной из возможных причин изменения состава базальтов в ходе извержений. Показано, что элементы магматической питающей системы под тремя изученными эруптивными центрами схожи между собой. Выдвинуто предположение, что существует закономерность в конфигурации питающих систем извержений средней части Толбачинской региональной зоны ареального вулканизма.

## ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ФОРМЫ ФОСФОРА И АЗОТА В ШЛАКАХ ПЛОСКОГО ТОЛБАЧИКА (СОДЕРЖАНИЕ, ДИНАМИКА ВЫМЫВАНИЯ)

Лепская Е.В.<sup>1</sup>, Маслов А.В.<sup>2</sup>, Свириденко В.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КамчатНИРО,

<sup>2</sup> ООО «Камчатские Авиалинии»

Воздействие вулканизма на природную среду и, в частности, на нерестовые водоемы и водотоки тихоокеанских лососей проявляется как негативно (засыпание пеплом нерестилиц, поступление в воду ингибирующих биоту веществ), так и позитивно (повышение и поддержание продуктивности за счет постепенного вымывания биогенных элементов, например, фосфора и азота). Известно, что количество водорастворимых веществ выше у пирокластических фракций меньшего размера то есть с более развитой поверхностью. Известно также, что шлаковые поля покрывают обширные пространства полуострова, в том числе, и водосборы крупных нерестовых рек. В нашем исследовании проведено сравнение содержания водорастворимых форм фосфора и азота в пеплах (отобраны 30.11.2012 на сейсмостанции «Каменистая», 07.12. 2012 и 20.02.2013 на «kozyrevской развилке») и шлаках Плоского Толбачика. Показана динамика вымывания этих элементов из пирокластических фракций со средним диаметром частиц около 2 см, отобранных 15.12.2012 у подножия активных конусов. Общий фосфор (PT) и общий азот (NT), а также их минеральные формы (ортофосфаты (PO<sub>4</sub>), аммоний (NH<sub>4</sub>), нитриты (NO<sub>2</sub>) и нитраты (NO<sub>3</sub>)) в водных вытяжках определяли по методикам, рекомендованным ВНИРО.

Первоначальное содержание PT в водных вытяжках из пеплов (в среднем 0,536 мгP/л) вдвое выше, чем из шлаков (в среднем 0,256 мгP/л), тогда как NT – различается мало (1,01 и 1, 48 мгN/л, соответственно). Как в пеплах, так и в шлаках в составе NT преобладает, так называемая, органическая форма, составляя в среднем 88%. Минеральная часть азота на 83-99% состоит из NH<sub>4</sub>.

Процесс вымывания NT в течение 72 дней носил экспоненциальный характер, при этом доступная минеральная составляющая была извлечена в первые 7-14 дней эксперимента. Запас минеральных форм в конце эксперимента после растирания шлака в порошок (0,24-0,30 мгN/л) оказался на порядок больше того количества, которое стабильно выделялось в воду в середине опыта в течение 58-65 дней.

Вымывание PT из шлаков в одном случае также шло по экспоненте, а в двух других проходило в два этапа, когда через 40 дней от начала эксперимента концентрация PT повышалась в 2-5 раз против предыдущих значений. Однако и до этого выброса и после вымывание PT также шло по экспоненте. В водных вытяжках из шлаков, как правило, преобладал «органический» фосфор, составляя в начале эксперимента 0,026-0,346 мгP/л (61-85%). Доступный PO<sub>4</sub> вымывался в первую неделю эксперимента, однако через 30 дней он вновь появлялся в водных вытяжках (0,026-0,034 мгP/л) и составлял от 60% до 96% от PT. Начиная с 40-го дня, содержание PO<sub>4</sub> в водных вытяжках стабилизировалось на значениях 0,001-0,003 мгP/л и составило 3-10% PT. Запас PT в шлаках, определенный после растирания их в порошок в двух случаях составил 0,267 и 0,195 мгP/л против первоначальных 0,056 и 0,042 мгP/л, что, соответственно, в 4,8 и 4,6 раз больше тех концентраций, которые были

определены в водных вытяжках в начале опыта. В третьем случае запас РТ, сохранившийся в шлаке к концу опыта, оказался в 1,8 раза меньше, чем в вытяжке из свежего шлака и составил 0,221 мгР/л против первоначальных 0,407 мгР/л.

Таким образом, скорость вымывания фосфора из шлаков составляет 0,003-0,009 мгР/л/сутки, азота – 0,03-0,04 мгN/л/сутки, что сравнимо со средней концентрацией РТ и NT в нерестовых лососевых водоемах и водотоках Камчатки. Предполагается, что шлаковые поля на водосборах лососевых рек могут длительное время служить стабильным источником биодоступных форм фосфора и азота и поддерживать продуктивность лососевых водотоков и водоемов.

## НОВЫЕ ДАТИРОВКИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД, СФОРМИРОВАВШИХСЯ ПРИ КРУПНООБЪЕМНЫХ ЭКСПЛОЗИВНЫХ ИЗВЕРЖЕНИЯХ НА ЮЖНОЙ КАМЧАТКЕ

**Леонов В.Л.<sup>1</sup>, Биндеман И.Н.<sup>2</sup>, Рогозин А.Н.<sup>1</sup>, Аникин Л.П.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [lvl@kscnet.ru](mailto:lvl@kscnet.ru)*

<sup>2</sup> *Университет штата Орегон, США*

На Южной Камчатке широко развиты вулканические породы, преимущественно игнимбриты, которые сформировались при крупнообъемных эксплозивных извержениях. Часть из них связана с известными кальдерами – вулканов Горелый, Опала, открытой недавно суперкальдерой Карымшина (Леонов, Рогозин, 2007). Эти породы достаточно хорошо изучены. В то же время есть мощные толщи туфов и игнимбритов, источник которых не установлен или проблематичен. К ним относятся, в частности, игнимбриты оврага Опасного и толща кристалловитрокластических кварцевых туфов, распространенная на обширной территории (в бассейнах рек Фальшивой, Жировой, Банной и др.). Выявление условий формирования этих пород, центров, с которыми они связаны, времени их образования – важные задачи, решение которых позволит сформировать более правильные представления о том, когда и где происходили катастрофические эксплозивные извержения на Камчатке.

В предыдущие годы нами изучалось геологическое строение различных участков Южной Камчатки – бассейна р. Жировой (Гриб и др., 1976), района Мутновского геотермального месторождения (Леонов, 1986), бассейнов рек Банной, Карымшина и Карымчина (Леонов, Рогозин, 2007). В последние годы были дополнительно изучены разрезы игнимбритов и туфов оврага Опасного, р. Фальшивой, руч. Начикинского. Были отобраны образцы на Ag-Ag анализ, проведено дробление пород и выделение из них зерен циркона для их датирования U-Pb методом. Результаты этих исследований приведены в работе.

Основные выводы. Несколько пластов игнимбритов, вскрывающихся в овраге Опасном, датированы Ag-Ag методом и для них получены даты (снизу вверх): 332±6 тыс. лет, 324±10 тыс. лет, 227±19 тыс. лет и менее 100 тыс. лет. Возраст кристалловитрокластических кварцевых туфов, определенный по зернам циркона, выделенным из них, получился: для образца, взятого в бассейне р. Фальшивой – 4,01 млн. лет (11 зерен), для образца, взятого в бассейне р. Жировой – 4,01 млн. лет (11 зерен), для образца, взятого в бассейне р. Банной – 4,01 млн. лет (23 зерна). Эти датировки вместе с теми, что были получены ранее (Леонов и др., 2008; Bindeman et al., 2012), позволяют выделять на Южной Камчатке три крупных вспышки крупнообъемных эксплозивных извержений, близкие по возрасту к тем, которые ранее были выделены на Камчатке в целом (Леонов и др., 2008): 4-3,5 млн. лет, 1,7-1,2 млн. лет и 0,3-0,1 млн. лет. Особый интерес представляет датировка кристалловитрокластических кварцевых туфов, возраст которых получился удивительно однородным – 4,01 млн. лет, хотя датировались образцы, отобранные на значительном расстоянии друг от друга. Это позволяет сделать вывод, что 4 млн. лет назад на Южной Камчатке была мощная вспышка кислого

эксплозивного вулканизма. Туфы, сформировавшиеся при этом, покрыли обширную территорию площадью более 1500 км<sup>2</sup>. В настоящее время возникают новые задачи – уточнить распространение этих туфов, выявить вероятные центры их извержения, посчитать объемы.

## МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛОСЧАТЫХ АНДЕЗИТОВ ПРИ ИЗВЕРЖЕНИИ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННОГО В 1986 Г.

**Максимов А.П.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Среди продуктов извержений андезитовых вулканов нередко встречаются породы полосчатого облика, в которых прослои и линзы представлены породами различной окраски. Образцы подобных пород были отобраны среди отложений пирокластических потоков извержения вулкана Безымянного в июне 1986 г. В целом пирокластические отложения представлены светло-серыми пористыми андезитами однородного облика. Однако среди них встречаются отдельные валуны и глыбы, в которых в светло-серой породе присутствуют темно-серые, почти черные, линзовидные прослои. С целью изучения механизма формирования данной полосчатости был проанализирован химический и минеральный составы светлой и темной разностей.

По химическому составу эти разности практически идентичны и отвечают среднекалиевым андезитам известково-щелочной серии. Парагенезисы вкрапленников и микролитов светлого и темного андезитов также одинаковы. Более того, при детальном микронзондовом исследовании обеих пород не обнаружено заметных различий в составах их вкрапленников, микролитов и остаточных стекол. Темная разность отличается от светлого андезита несколько большей окисленностью железа: отношение  $Fe_2O_3/FeO$  составляет 0,54 и 0,44 соответственно. Стекло в темном андезите слегка бурое, тогда как в светлом – бесцветное. По составам фаз методом наименьших квадратов рассчитаны доли фаз в породах. Оцененная доля стекла в них составляет 25 -27 вес. %. Пропорции и составы фаз позволили примерно оценить соотношение  $Fe_2O_3/FeO$  в остаточном стекле для светлого и темного андезитов: ~ 0,65 и ~ 1,65 соответственно. Т.о., различия в окраске пород вызваны более высокой степенью окисления стекла основной массы в линзах темного андезита.

Формирование полосчатых андезитов можно объяснить следующим образом. Породы пирокластического потока образовались в ходе эксплозивного извержения свежей порции магмы, испытали быструю закалку и сохранили первичную степень окисленности. Темные прослои в пирокластике представляют собой отторженцы магмы предыдущего крупного извержения 1985 г., находившейся в верхней части вулканического канала, вынесенные новой порцией магмы. Магма 1985 г. длительное время находилась в канале, сохраняя высокую температуру. Причиной ее окисления явился не контакт с атмосферным кислородом, а медленная диффузия водорода, образующегося при высокой температуре из небольшого количества воды остаточного расплава. Водород при повышенных температурах обладает высокой проникающей способностью и диффундирует сквозь магму в атмосферу, где его парциальное давление ничтожно мало.

Подобные образования встречены также на вулканах Авачинском и Карымском и, вероятно, сформировались в результате аналогичного процесса.

## АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ И СЕВЕРНЫХ КУРИЛ В 2012 Г.

**Маневич А.Г., Гирина О.А., Мельников Д.В., Нуждаев А.А., Демянчук Ю.В., Котенко Т.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [mag@kscnet.ru](mailto:mag@kscnet.ru)*

На Камчатке 30 и на Северных Курилах 6 действующих вулканов. В 2012 г. в состоянии извержения находились вулканы Шивелуч, Безымянный, Ключевской, Толбачик, Кизимен, Карымский и Алаид, отмечалась также повышенная активность вулкана Горелый (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/current/index.php>). Характеристика сейсмичности вулканов основана на данных Камчатского филиала геофизической службы (КФ ГС) РАН: <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>.

Эруптивная активность вулкана Шивелуч после катастрофического извержения вулкана в ноябре 1964 г. возобновилась в сентябре 1980 г. и продолжается до настоящего времени. Сильные эксплозивные события, связанные с ростом лавового купола в кратере 1964 г., в 2012 г. наблюдались: 22-23 января, 16-17 марта, 18 сентября. С 25 марта до 3 июня отмечалась почти непрерывная умеренная эксплозивная активность вулкана. При таких событиях пепловые облака и шлейфы поднимались до 10 км над уровнем моря (н.у.м.) и протягивались в различных направлениях от вулкана на 200-2000 км.

Рост лавового купола вулкана Безымянный в эксплозивном кратере 1956 г. продолжается. В 2012 г. произошло два пароксизмальных эксплозивных извержения Вулканского типа, связанных с ростом купола: 8 марта и 1 сентября. В течение этих событий пепловые шлейфы поднимались до 8-12 км н.у.м. и перемещались более 1500 км на восток-северо-восток от вулкана.

Извержение вулкана Кизимен, начавшееся 9 декабря 2010 г., продолжается. В 2012 г. наблюдались явления, связанные с эффузивной (середина января 2011 г. – сентябрь 2012 г.) и экструзивно-эффузивной (сентябрь – декабрь 2012 г.) стадиями извержения вулкана. В это время преимущественно отмечались обрушения раскаленных лавин с вершины вулкана и тела лавового потока, при которых пепел поднимался до 5-7 км н.у.м. Изредка наблюдались умеренные эксплозии, пепел при которых поднимался до 6-7 км н.у.м.

Эсплозивное извержение стромболианского типа вулкана Ключевской началось 14 октября 2012 г. и продолжалось до конца января 2013 г. В кратере вулкана отмечалось фонтанирование лавы, на спутниковых снимках фиксировалась термальная аномалия.

Вулкан Карымский продолжает находиться в состоянии умеренной эксплозивно-эффузивной активности, начиная с 1996 г., о чем свидетельствовала повышенная время от времени сейсмическая активность вулкана, обнаружение на спутниковых снимках термальной аномалии и пепловых шлейфов в районе вулкана.

27 ноября началось Трещинное Толбачинское извержение, которое продолжается и сегодня. На трещине длиной около 5 км начали формироваться эруптивные центры, из которых сразу же стали изливаться глиноземистые базальты. На южном краю трещины выросли 4 шлаковых конуса, которые постоянно частично разрушались при взрывах. В кратерах конусов почти постоянно фонтанировала лава, лавовые потоки протянулись до 20 км от центра извержения на западный склон и до 5-6 км на восточный склон Толбачинского дола. Парогазовые шлейфы, содержащие пепел, поднимались до 4.5 км н.у.м. и перемещались в различных направлениях от вулкана.

Эруптивная активность вулкана Алаид началась 6 октября 2012 г. и продолжалась, ориентировочно, до середины декабря. Термальная аномалия наблюдалась до конца ноября

2012 г., в декабре плотные облака закрывали вулкан. Парогазовые шлейфы, содержащие пепел, поднимались до 3 км н.у.м. и протягивались в различных направлениях от вулкана.

Сильная фумарольная активность вулкана Горелый началась с июня 2010 г. и продолжается до настоящего времени. Иногда парогазовые шлейфы поднимались до 4.5 км. н.у.м., шлейфы протягивались на 50-100 км в различных направлениях от вулкана.

## ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАВОВЫХ ПОТОКОВ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМЕНИ 50-ЛЕТИЯ ИВИС ДВО РАН

**Мельников Д.В., Самойленко С.Б., Волынец А.О., Мелекесцев И.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Анализ динамики распространения лавовых потоков, является одним из ключевых аспектов для оценки таких параметров извержения как движение магмы в очаге, геометрия подводных каналов и др. При этом, скорость движения лавовых потоков обусловлена целым рядом физических процессов. Интенсивность остывания лавы, взаимодействие с окружающей средой, рельефом и многие другие факторы влияют на поток. Начавшееся 27 ноября 2012 года Трещинное Толбачинское извержение имени 50-летия ИВиС ДВО РАН имеет преимущественно эффузивный характер. В докладе рассмотрен только один из аспектов динамики лавовых потоков – отношение расхода лавы к длине потоков. Основой для анализа являются результаты полевых наблюдений, дешифрирование мультиспектральных спутниковых данных (спутники TERRA ASTER, EO-1 ALI, Landsat 7 ETM+). Физические параметры лавы – плотность и вязкость, были получены как при непосредственном измерении, так и путём расчётов на основе химического состава образцов лавы. Приведено сравнение фактического положения лавовых потоков и компьютерного моделирования их вероятностного движения. Определено, что расход лавы варьировался за период извержения от от 420 до 10 м<sup>3</sup>/с, при этом максимальная длина лавовых потоков достигала ~16 км.

## МЕХАНИЗМ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ФОНТАНИРОВАНИЯ НА БАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНАХ

**Озеров А.Ю.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Исследованы режимы и динамика фонтанов раскаленных бомб Ключевского вулкана. Установлен новый тип эксплозивной активности – пульсирующее фонтанирование. Оно характеризуется тем, что в струе раскаленных бомб, поднимающейся на высоту 200–500 м, наблюдаются мгновенные импульсы усиления. Интервал между импульсами в разные фазы извержения может колебаться от 0,6 до 5 с. Последовательное проявление этих импульсов формирует периодический режим, которые мы предлагаем называть пульсирующим фонтанированием.

Кроме исследований на Ключевском вулкане, был проведен поиск свидетельств пульсирующего фонтанирования на других базальтовых вулканах. Установлено, что этот тип извержения характерен для вулканов Килауэа, Толбачинский и Этна.

Для изучения этого явления проведена серия экспериментов по физическому моделированию. Использовался созданный ранее авторским коллективом Комплекс аппаратуры моделирования базальтовых извержений – КАМБИ (Озеров, 2007). Впервые выполнены экспериментальные исследования в протяженной вертикальной газонасыщенной колонне большого диаметра – 50 мм.

Установлено два новых газогидродинамических режима: пенный (равномерный) и пенных кластеров (периодический). Режим пенных кластеров определяется тугими сгустками пузырьков – кластерами, которые последовательно движутся вверх по колонне в потоке пены на примерно одинаковом расстоянии друг от друга, создавая в потоке периодические/квазипериодические пульсации. Скорость движения пенных кластеров в 2–3 раза выше, чем скорость собственно пенного потока, по которому они движутся. Мы полагаем, что режим пенных кластеров является ответственным за проявление пульсирующего фонтанирования в кратерах базальтовых вулканов.

## СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО РЕПОЗИТОРИЯ ИВИС ДВО РАН – ОТКРЫТОГО АРХИВА НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

**Романова И.М.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Необходимость организации открытого доступа к научной литературе определила современную тенденцию создания открытых архивов (репозиториев), основные принципы которых сформулированы в документах “Инициативы Открытого Доступа” (ОАИ – Open Access Initiative): электронный доступ, бесплатный для любого пользователя сети Интернет; снижение ограничений по лицензионному доступу и авторским правам. Все большее число образовательных учреждений и академических институтов во всем мире создают собственные институциональные или тематические репозитории.

Репозиторий ИВиС ДВО РАН создается как электронный архив документов научного, образовательного, нормативного или иного назначения, произведенных сотрудниками любого структурного подразделения ИВиС, а также работниками сторонних организаций, которые опубликовали свои материалы в его изданиях (серии журнала «Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле», сборники, материалы конференций и др.) и передали ИВиС право на их размещение в сети Интернет; публикаций сотрудников, осуществленных в других издательствах или изданиях сторонних организаций. Также в репозитории размещаются библиографические описания или полные тексты публикаций (по желанию автора) иных опубликованных научных материалов.

Тематика репозитория – область наук о Земле (геология, геофизика, геохимия, гидрогеология, вулканология, сейсмология, геоэкология). Один из разделов репозитория содержит коллекцию публикаций по вулканам Курило-Камчатской островной дуги. Виды материалов, размещаемых в репозитории: книги, разделы книг, статьи, тезисы, постеры, презентации, авторефераты диссертаций, патенты, описания веб-ресурсов и др.

Основными принципами создания репозитория являются: открытый доступ с соблюдением основных положений авторского права; беспрепятственный доступ третьих лиц к библиографической информации и аннотациям в репозитории; доступ к полным текстам (открытый или закрытый) – на условиях автора. Репозиторий должен обеспечить способ и место для централизованного и долговременного хранения полных текстов публикаций и других информационных объектов в электронном виде; создать надежную и доступную систему учета и контроля публикационной активности ИВиС, его подразделений и отдельных сотрудников; предоставить возможность депонирования объектов и создания их библиографических описаний (метаданных) не только уполномоченными лицами, но и самостоятельно сотрудниками ИВиС (самоархивирование). Это позволит в существенно короткие сроки сделать доступными для международной научной общественности научные результаты ИВиС и увеличить цитируемость публикаций его сотрудников. Репозиторий повысит уровень информационного обеспечения ученых, в том числе благодаря предоставлению доступа к репозиториям других научных центров.

Репозиторий создается на основе свободного программного обеспечения с открытым исходным кодом ePrints, поддерживающего OAI-PMH протокол для сбора метаданных (Open Access Initiative Protocol for Metadata Harvesting) из других репозиториев.

В настоящее время репозиторий работает в тестовом режиме и временно доступен только в локальной сети ИВиС ДВО РАН по адресу: <http://repo.ivs.kscnet.ru>. В дальнейшем предполагается открыть репозиторий для всеобщего обозрения и доступа в глобальной сети Интернет.

## МЕЛОВЫЕ ПИКРИТЫ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ: НОВЫЕ ДАННЫЕ

**Савельев Д.П.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Наличие ультрамафитовых вулканитов является одной из важных черт верхнемелового магматизма Восточной Камчатки. Достаточно хорошо изучены пикриты Валагинского хребта, Гумрока и Шаромского Мыса. В докладе представлены результаты изучения пикритов двух других районов – Вахильского поднятия и п-ова Камчатский Мыс.

Пикриты Вахильского поднятия были ранее описаны при геологической съемке А.Ф. Литвиновым, но их геохимическая характеристика дается впервые. Образцы были отобраны из валунов и глыб на берегу оз. Островного в поле развития ветловского комплекса. Породы имеют полнокристаллическую, местами пойкилитовую структуру, состоят из оливина, клино- и ортопироксена и роговой обманки, встречаются также биотит и плагиоклаз. Рудный минерал представлен ильменитом, хромшпинелидом и пентландитом. По структуре изученные различия близки к амфиболовым перидотитам – шрисгеймитам. Содержание петрогенных окислов в трех проанализированных образцах MgO – 28-29%, SiO<sub>2</sub> – 40%, TiO<sub>2</sub> – 0.5%, K<sub>2</sub>O – 0.09-0.11% (данные XRF-анализа). Геохимические характеристики: Zr/Y=3.1, Th/Yb=0.06-0.09, Nb/Yb=0.8, La<sub>(N)</sub>/Sm<sub>(N)</sub>=0.57-0.59, La<sub>(N)</sub>/Yb<sub>(N)</sub>=0.64-0.73 (ICP-MS). Спектры редкоземельных элементов, нормированных на хондрит, параллельны спектрам N-MORB, отличаясь от них более низкими (в 2.5 раза) содержаниями.

Пикриты п-ова Камчатский Мыс изучены впервые. Они найдены в зоне серпентинитового меланжа на восточной границе Солдатского гипербазитового массива. По минеральному составу породы соответствуют плагиоклазовым пикритам – океанитам, вкрапленники оливина (50-60% объема породы) и хромшпинелида погружены в долеритовую основную массу, состоящую из плагиоклаза, клинопироксена, рудных минералов и разложившегося стекла. Содержание окислов: MgO – 22-26%, SiO<sub>2</sub> – 41%, TiO<sub>2</sub> – 0.5%, K<sub>2</sub>O – 0.047-0.065%. Геохимия: Zr/Y=3.1, Th/Yb=0.14-0.18, Nb/Yb=2.39-2.66, La<sub>(N)</sub>/Sm<sub>(N)</sub>=1.0-1.1, La<sub>(N)</sub>/Yb<sub>(N)</sub>=1.24-1.42. Спектры РЗЭ, нормированных на хондрит, параллельны спектру пикрита подводной горы Детройт (Huang et al., 2005), отличаясь более низкими содержаниями (5-6 хондритовых уровней, что всего в 2 раза превышает содержания РЗЭ в примитивной мантии). Пониженные содержания тяжелых РЗЭ относительно легких и средних свидетельствуют о влиянии мантийного плюма на генезис пород.

Особенностью пикритов обеих групп является их нахождение в составе палеоокеанических комплексов (ветловского и смагинского), в отличие от пикритов Восточных хребтов Камчатки, ассоциирующих с островодужными базальтами. Геохимические характеристики пикритов подтверждают их океанический генезис. В пределах Восточной Камчатки океанические пикриты описаны впервые.

## МИНЕРАЛЫ ВОЗГОНОВ ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ИВИС: РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ РАБОТ В ФЕВРАЛЕ-МАРТЕ 2013 Г.

**Савельев Д.П., Аникин Л.П., Сокоренко А.В., Федосеев А.Ю.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Изучение минерального состава вулканических возгонов имеет большое значение для понимания процессов, происходящих в лавовых потоках и в магматических камерах во время извержения. В докладе представлены результаты полевого опробования возгонов в феврале-марте 2013 года во время полевых работ Петрологического отряда в процессе наблюдений хода извержения.

Большинство образцов были отобраны на двух участках – на fumarольной площадке вблизи формирующегося активного конуса (Прорыва Софьи Набоко) и на лавовом куполе над боккой в 500 м южнее.

Визуально наблюдалось 5-7 различных по цвету минеральных агрегатов. В обеих точках опробования преобладали возгоны ярко-желтого цвета, в виде налета покрывающие базальтовые лавы и пропитывающие их по трещинам. Предположительно – хлорид железа (молизит –  $\text{FeCl}_3$ ). Температура выхода газов в месте образования этих возгонов – 500-700°C. Газ едкий, удушливый, белый.

Вблизи fumarольного поля наблюдалась трещина в лавовом потоке, из которой выходил бесцветный газ с температурой 620-640°C, с инкрустацией черными кристаллами с металлическим блеском (гематит) внутри трещины и ярко-оранжевым налетом в месте выхода газа.

Реже (также в обоих пунктах опробования) наблюдались тещины в лавовых потоках с инкрустацией темно-зеленым, почти черным минералом, после отбора и остывания проб приобретающим ярко-зеленый, изумрудно-зеленый цвет. Через некоторое время на открытом воздухе минерал становится зеленовато-бирюзовым, затем бледнеет до полного выбеливания через несколько дней. Температура струи газа на выходе – 620-650°C, внутри fumarолы – до 700°C. Минералы – предположительно – гидрохлориды меди, возможно – пийпит (сульфат калия и меди).

В одной из точек наблюдения вблизи лавового купола над боккой наблюдалась трещина с инкрустацией скелетными кристаллами нашатыря до 5-7 мм размером. Температура газа в этой трещине - 580-610°C. В месте выхода газа наблюдались ярко-оранжевые налеты. Белые или слегка зеленоватые тонкозернистые образования нашатыря наблюдались во многих местах выхода горячих газов над лавовыми потоками.

Собранные образцы требуют дальнейшего изучения, определения минералов сделаны в полевых условиях предварительно на основании сходства с минералами, описанными в литературе по БТТИ.

Основной вывод исследования – минералогия возгонов Трещинного Толбачинского извержения 2012-2013 гг. (им. 50-летия ИВиС) очень разнообразна и сходна с минералогией БТТИ. Это открывает перспективу изучения эксгаляционного минералообразования данного извержения и дает надежду на находки редких минералов и открытие новых.

## ТРЕЩИННОЕ ТОЛБАЧИНСКОЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ ИМ. 50-ЛЕТИЯ ИНСТИТУТА ВУЛКАНОЛОГИИ ПО ДАННЫМ АЭРОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

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

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Авторами по результатам стереофотограмметрической обработки снимков 19/IX 1987 г. (в качестве основы), 29/XI 2012 г. (перспективных) и 13/XII 2012 г. (плановых) выполнено морфометрическое исследование, определены количественные характеристики и выявлены пространственно-временные закономерности ТТИ 50. Графические данные, представляемые в настоящем докладе в виде пространственных моделей, планов и профилей иллюстрируют ход эруптивной деятельности и морфологические особенности Толбачинской зоны трещинных извержений. Полученные высокоточным инструментальным методом материалы являются основой для понимания механизма извержения и его природы. Результаты работы имеют значение не только для изучения ТТИ 50, но и для формирования целостного понимания эволюции вулканизма Толбачинского дола.

## ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ 1975-2011 ГГ. В РАЙОНЕ СЕВЕРНОГО ПРОРЫВА БТТИ. ДЕФОРМАЦИИ СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ТРЕЩИННОЕ ИЗВЕРЖЕНИЕ 2012 Г. ПО ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ НЕПРЕРЫВНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ПУНКТАХ GPS СЕТИ В РАЙОНЕ КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ.

**Титков Н.Н.<sup>1</sup>, Магуськин М.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, e-mail: [nik@emsd.ru](mailto:nik@emsd.ru).

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

В 2011 г., через 36 лет после начала БТТИ 1975-1976 гг., здесь, на небольшой площади были выполнены геодезическая съемка с применением GPS на существующих пунктах, а также повторное нивелирование II класса. Земная поверхность вблизи Северного прорыва БТТИ продолжала опускаться, а горизонтальные смещения пунктов, близко расположенных к Северному прорыву БТТИ, направлены к центру извержений. Что свидетельствует о продолжавшейся релаксации напряжений, возникших в ходе извержений.

Начавшееся в ноябре 2012 года извержение им. 50-летия ИВИС ДВО РАН сопровождается деформациями земной поверхности регистрируемыми станциями сети постоянных GPS наблюдений КФ ГС РАН в районе Ключевской группы вулканов. Наблюдаются опускание и горизонтальные перемещения в сторону извержения. На ближайшем к извержению пункте VZ07 “Кирешево” (~20 км) перемещения показывают на ярко выраженное экспоненциальное затухание деформаций после начала извержения. На этом же пункте за два месяца до начала извержения наблюдается поднятие и перемещение в сторону от района извержения. Но, делать выводы о деформационном процессе подготовки извержения по измерениям на одном лишь пункте, преждевременно. Пункт с марта по сентябрь 2012 г. не работал, а перемещения, хоть и с малой вероятностью, могли быть вызваны перестановкой антенны. Надеемся, что запланированные в ближайшее время полевые работы закроют пропуск во временном промежутке (четыре станции непрерывных GPS наблюдений в районе вул. Безымянный) и расширят площадь измерений (повторная геодезическая съемка на полигоне в районе вул. Ключевская сопка).

## ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА ЭКСПЛОЗИВНОГО ГАЗА, ВЫДЕЛИВШЕГОСЯ ВО ВРЕМЯ НОВОГО ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ В ЯНВАРЕ-ФЕВРАЛЕ 2013 Г.

**Фирстов П.П.<sup>1</sup>, Белоусов А.Б.<sup>2</sup>, Махмудов Е.Р.<sup>1</sup>, Белоусова М.Г.<sup>2</sup>, Фи Д.<sup>3</sup>, Избеков П.Э.<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

<sup>3</sup> Геофизический институт, Университет Аляска, Фэрбенкс, США

Впервые в работе П.П. Фирстова, Н.М. Кравченко (1995) показана возможность оценки количества свободно выделяющегося газа при барботирующем режиме извержений по акустическому излучению, возникающему при разрушении газовых пузырей. При этом если есть оценки расхода лавового материала, то появляется возможность оценки весового содержания газа.

Исходными данными для данной работы послужили: визуальные наблюдения лавового потока, оценка его расхода, выполненные М.Г. и А.Б. Белоусовыми 23 января 2013 г.; и регистрация 12-14 февраля 2013 г. П.Э. Избековым ударно-волновых эффектов микробарографом вблизи жерла извергающегося вулкана (1000 м).

Для сопоставления уровня активности вулкана за эти периоды привлекалась интенсивность вулканического дрожания на радиотелеметрической станции ВЗМ, расположенной в 20 км от извержения. На основании сравнения огибающих записей вулканического дрожания был сделан вывод в среднем о близкой интенсивности извержения в эти периоды. Но если в феврале все три дня амплитуда огибающей скорости колебания грунта сохранялась постоянной ( $\bar{A} = 4$  мкм/с), то в январе наблюдались вариации, хотя за суточный интервал  $\bar{A}$  сохранила те же самые значения. Это указывало на то, что в первом приближении интенсивность извержения в эти периоды была близкая.

На основании анализа ударно-волновых эффектов расход explosивного газа оценен в  $\sim 3000$  кг/с, что на порядок больше расхода explosивного газа на Южном прорыве Большого трещинного Толбачинского извержения в 1976 г.

Извержение 23 января 2013 г. носило типичный стромболианский характер с умеренной explosивной деятельностью, которая была сосредоточена в шлаковом конусе, на дне которого располагалось озеро жидкой лавы. В нескольких точках через поверхность лавы происходил прорыв газовых пузырей, что проявлялось в частых выбросах, разнообразных по форме разлета вулканических бомб и обрывков лавы на высоту до 150 м.

Одновременно наблюдалась интенсивная эффузивная деятельность, когда лава текла по системе лавовых труб и появлялась на поверхность около одного километра ниже шлакового конуса. Основной исток, через который разгружалось около 80% лавы, имел ширину около 5 метров при скорости течения  $\sim 2$  м/с. Общий расход лавы в этот день оценен в  $\sim 50$  м<sup>3</sup>/с или  $1.25 \cdot 10^5$  кг/с (при  $\rho = 2.5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>).

Сопоставление расхода газа и лавы дает оценку весового содержания explosивного газа при извержении Нового Трещинного Толбачинского извержения в начале 2013 г. более 2 %, что значительно больше весового содержания газа для ЮП БТТИ (0.5%).

## ИЗВЕРЖЕНИЕ 2012–2013 ГГ. КАК РЕЗУЛЬТАТ ПРОДОЛЖАЮЩЕЙСЯ АКТИВНОСТИ ТОЛБАЧИНСКОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЗОНЫ ШЛАКОВЫХ КОНУСОВ

**Флеров Г.Б., Мелекесцев И.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Начавшееся 27 ноября 2012 г. извержение на Толбачинском долу Ключевской группы вулканов (КГВ) – очередное подтверждение продолжающейся высокой вулканической

активности Толбачинской региональной зоны шлаковых конусов (ТЗШК), возникшей в результате крупной природной катастрофы ~ 10 тыс. л.н. (Брайцева и др., 1984). Эта дугообразная протяженная (60 – 70 км) трещинная зона прошла и через постройку стратовулкана Пра-Плоский Толбачик, уже потухшего к тому времени, вызвав разрушение вершинной части и южного сектора постройки, кардинально изменив ее морфологию. Одновременно с этим гигантский обвал разрушил и соседний вулкан Острый Толбачик, где возник обвальный цирк шириной более 3 км. Поэтому с 10 тыс. л.н. и позднее поступление магмы с глубины в этом секторе КГВ стало контролироваться именно разломной зоной. В интервале 10 – 2 тыс. л.н. происходили извержения субщелочных глиноземистых базальтов на протяжении всей длины, включая кальдеру Пра-Плоского Толбачика. От 2 тыс. л.н. по настоящее время – субсинхронные извержения базальтов субщелочных глиноземистых и магнезиальных, но только южнее Плоского Толбачика. Характерная особенность распространения эруптивных центров (шлаковых и лавовых конусов, трещин) – четкая ориентировка по простиранию ТЗШК. То же относится и к прорывам извержения 2012 – 2013 гг., которые расположены (по данным аэрофотосъемки В.Н. Двигало) на единой, линейной в плане, системе трещин длиной около 5 км, совпадающей с общим простиранием ТЗШК. Характерная особенность «модифицированного» стратовулкана Пра-Плоский Толбачик при наложении на него разломной трещинной зоны – разрушение его вершинной части, появление там щитового вулкана и комплекса кальдер гавайского типа, а не дальнейшее продолжение формирования конуса стратовулкана, как при вулканизме центрального типа. Аналогичные преобразования происходили и на стратовулканах Ушковский и Крестовский, на которых наложилась позднеплейстоцен – раннеголоценовая региональная зона шлаковых конусов Плоских сопок (Мелекесцев и др., 1970).

Приведенные факты достаточно убедительно свидетельствуют об относительной независимости вулканизма стратовулканов и наложенной зоны. В связи с этим, все голоценовые извержения района Толбачинских вулканов, включая таковые 1941 г., БТТИ 1975 – 1976 гг. и 2012 – 2013 гг, связаны с проявлением вулканизма типичного трещинного типа, а не являются побочными прорывами вулкана Плоский Толбачик.

В заключение следует отметить, что вопрос о связи голоценовых извержений Толбачинского дола с трещинным типом вулканизма был уже положительно решен при написании монографии «Большое трещинное Толбачинское извержение» (М.: Наука. 1984).

## АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В ПЕРИОД МАЙ 2012 Г.- МАРТ 2013 Г. ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ И ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯМ

**Фирстов П.П., Шакирова А.А., Арбугаева О.В.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

В рассматриваемый период регистрировались слабые вулкано-тектонические землетрясения (ВТЗ) района вулкана Кизимен ( $K < 7$ ), а в извержении вулкана по видеонаблюдениям и сейсмическим данным наблюдались все возможные формы проявления вулканической активности для андезитовых вулканов с вязкой лавой.

Эпицентры ВТЗ с  $K > 4.5$  в рассматриваемый период, в основном, приурочены к зоне северо-восточного простирания, которая была сейсмически активна в 2010 г. перед началом извержения (декабре 2010 г.).

Сопоставление видеонаблюдений различных форм активности с сейсмическими эффектами позволили по волновым формам и спектрам плотности мощности (СПМ) выявить особенности сейсмических сигналов с целью их селекции:

- микроземлетрясения режима «drumbeats» – узкополосный СПМ со спектральным максимумом 3.5 Гц;

- вулкано-тектонические микроземлетрясения – широкополосный спектральный максимум в диапазоне 6-10 Гц;
- обвалы – спектральный максимум в диапазоне частот 4-7 Гц;
- эксплозии – спектральный максимум СПМ приходится на частоты 2-3 Гц;
- пирокластические потоки – длительность сигнала более 100 с, СПМ имеет широкополосный максимум 1.2-4 Гц.

До середины июня 2013 г. регистрировались землетрясения режима «drumbeatsII», связанные с движением восточного «языка» вязкого лавового потока. После остановки лавового потока началось выжимание вершинной экструзии, которая хорошо фиксировалась на видеоснимках. Разрушение экструзии произошло в августе месяце в результате обвалов. Новая активизация с выжиманием вершинной экструзии в январе 2013 г. сопровождалась землетрясениями режима «drumbeatsIII». В течение всего периода происходили отдельные эксплозии и извержения пирокластических потоков (ПП), интенсивность которых существенно возросла во время выжимания внутрикратерной экструзии в январе месяце.

Таким образом, основываясь на видеонаблюдениях и сейсмических эффектах, была реконструирована активность вулкана Кизимен за май 2012 г.- март 2013 г.

## ВЫСОКО-МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ И ГЛИНОЗЕМИСТЫЕ МАГМЫ ВУЛКАНОВ ХАРЧИНСКИЙ И ЗАРЕЧНЫЙ КАК РЕЗУЛЬТАТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЕДИНОЙ РОДОНАЧАЛЬНОЙ МАГМЫ С ПЕРИДОТИТОМ

**Хлебородова О.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Вулканы Харчинский и Заречный, и сопутствующая им зона моногенных конусов относятся к Северной группе вулканов Камчатки. Они расположены на относительно небольшой территории – в пределах 30 км к югу от вулкана Шивелуч, и по существующим геологическим представлениям маркируют разломную зону, простирающуюся в этом направлении. Вещественный состав пород подробно описан [Волинец О.Н. и др., 1999]. Среди изучаемой коллекции были выделены: 1) высоко-магнезиальные базальты с магнезиальностью  $Mg\#$  (0.65~0.76),  $MgO$  9~14%, 2) умеренно-магнезиальные андезибазальты,  $Mg\#$  (0.6~0.65), 3) высоко-глиноземистые андезибазальты,  $Mg\# < 0.54$ ,  $Al_2O_3$  17%, 4) высоко-калиевые клинопироксен-амфиболовые андезибазальты,  $Mg\# 0.68$ ,  $K_2O$  2,5 %. Количество фенокристаллов изменяется от  $OI$  (15-20%)  $> Crx$  в первой группе пород до  $Pl$  (15-25%)  $> Crx > OI$  в третьей, с равным количеством  $OI \sim Crx$  (5-10%)  $\geq Pl$  во второй. В высоко-калиевых породах  $Hb$  (20~25 %)  $> Crx$ . Во всех породах присутствует магнетит  $Mt$  (3-7%) и единичные зерна ортопироксена. Все породы, исключая высоко-калиевые, относятся к умеренно-калиевой известково-щелочной серии. Все породы имеют ряд общих генетических признаков. В первую очередь, это специфичный состав минералов-вкрапленников - оливина и клинопироксена. Так оливин, широко варьирующий по магнезиальности  $Fo(70\sim 92)$ , проявляет два тренда по содержанию  $CaO$ , которые прослеживаются во всех типах пород. Магнезиальность клинопироксена также варьирует в пределах  $Mg\#$  (0.75-0.9), и часто значительно изменяется не только в пределах одного образца, но и в пределах одного зерна. Железистость клинопироксена положительно коррелирует с содержаниями глинозема, марганца, титана и натрия, и отрицательно - с содержаниями хрома. Клинопироксен часто находится в крупных сростках с оливином.

Ближние содержания  $K$ ,  $Rb$ ,  $Ba$ ,  $La$ ,  $U$  в высоко-магнезиальных и глиноземистых породах не позволяют сделать вывод о дифференциации исходных магм путем обычной фракционной кристаллизации. Содержания этих элементов существенно увеличиваются лишь в высоко-калиевых породах. Отношения  $Cr/Ni$  в оливинах в большинстве случаев меньше 1. В высоко-магнезиальных породах отношение  $Cr/Ni$  не уменьшается с ростом  $MgO$ , а колеблется около 4, что не допускает значимой аккумуляции оливина.

Сравнение состава минералов из включений ультрамафитов в базальтах Харчинского вулкана [Колосков А.В., 1999] с составом минералов-вкрапленников в изучаемых породах указывает на наличие единого процесса – взаимодействия магм и вмещающих основных пород. Растворение в более кислой исходной магме магнезиального оливина и магнезиального клинопироксена (с образованием более железистых минералов) может дать всю серию магм, при этом преимущественное растворение клинопироксена даст более глиноземистые магмы. Образование высоко-калиевых магм, по-видимому, связано с низкотемпературным метасоматозом в пределах реакционной очаговой зоны.

## КРОНОЦКАЯ ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ПАЛЕОДУГА: ВОЗРАСТ, СТРОЕНИЕ И СОСТАВ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.

**Цуканов Н.В.**

*Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Москва, e-mail: nvtsov@rambler.ru*

Восточные полуострова Камчатки преимущественно образованы тектоно-стратиграфическими комплексами, которые формировались в пределах Кроноцкой палеодуги позднемелового-эоценового возраста. Кроноцкая палеодуга была аккретирована к Камчатской окраине северо-восточной Азии в конце кайнозоя, что явилось последним коллизионным событием в формировании современной структуры Камчатки.

Проведенные исследования показывают, что во всех сегментах Кроноцкой палеодуги (п-ова Камчатский Мыс, Кроноцкий и Шипунский) активный вулканизм начался в сантонское и кампанское время, а закончился в эоцене.

Позднемеловой вулканизм северного и среднего сегментов характеризуются толеитовым и плагиотолеитовым составом вулканических комплексов, для южного сегмента, наряду с толеитовым, характерен известково-щелочной вулканизм. В эоцене во всех сегментах палеодуги происходило формирование магматических пород высокоглиноземистой толеитовой серии.

Кроноцкая палеодуга являлась энсиматической и формировалась на коре океанического типа. Этот вывод подтверждается изотопным составом изученных вулканитов, а также преимущественным толеитовым характером островодужного вулканизма. Отмеченная специфика вулканизма в разных сегментах палеодуги может быть объяснена гетерогенностью субдуцировавшейся в позднем мелу плиты и различием геодинамических обстановок в разных сегментах дуги. В частности, предполагается субдукция спредингового хребта Кула-Пацифик и влияние Гавайского плюма в области северного сегмента. Известково-щелочной тип вулканизма, преимущественно характерный для южного сегмента палеодуги, не характерен для энсиматических дуг.

Имеющиеся данные по изотопии неодима не дают основание предполагать возможность контаминации исходных расплавов веществом континентальной коры. Особенности состава верхнемеловых магматических комплексов можно объяснить, гетерогенностью состава плиты Кула, которая субдуцировалась под Кроноцкую палеодугу до эоценового времени. После поглощения спредингового хребта в эоцене на всем протяжении дуги происходила субдукция Тихоокеанской плиты и условия магмогенерации в мантийном клине стали соответствовать условиям выплавления высокоглиноземистых толеитов, которые, по-видимому, являются фоновыми для данного участка этой плиты. Геохимические и изотопные данные по изученным породам свидетельствуют, что они формировались из обедненного мантийного источника. Наблюдаемые некоторые различия в составе эоценовых магматических пород северного сегмента палеодуги (п-ова Камчатский Мыс и Кроноцкий), вероятно, обусловлены различиями во флюидном режиме.

Полученные новые данные о возрасте, строении и составе вулканических комплексов Кроноцкой палеодуги позволяют высказать предположение о сложном сочленении вулканических дуг в позднемеловое время.

## ПРОЯВЛЕНИЕ САМОРОДНОГО КРЕМНИЯ В ВУЛКАНИТАХ КАМЧАТКИ

**Чернов Ю.Г.<sup>2</sup>, Аникин Л.П.<sup>1</sup>, Васильев Г.Ф.<sup>3</sup>, Дунин-Барковский Р.Л.<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*ТС. Мегapolis. г. Петропавловск-Камчатский*

<sup>3</sup>*Администрация г. Петропавловск-Камчатский*

По предварительным данным в вулканитах Камчатки установлено значительное проявление самородного кремния. Первый выход вскрыт на глубине более 2-х метров в виде сплошного пласта мощностью 50 см при рытье колодца для воды. Второй отмечен в виде глыб в береговом обнажении реки в четырёх километрах от первого. Кремний крупнокристаллический мономинеральный. Подтверждён рентгенофазовым и микронзондовым анализами.

Происхождение кремния самородного либо техногенное, что исключает характер находки сплошного пласта на глубине более 2-х метров. Либо это межпластовое излияние кремниевой лавы одного из вулканов при температуре порядка 1500<sup>o</sup>C.

## МОНИТОРИНГ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ ЗА 2012 ГОД

**Чибисова М.В., Рыбин А.В.**

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

На Курильских островах 36 действующих вулканов, которые, в основном, расположены в труднодоступном регионе и наблюдение за ними происходит при помощи данных дистанционного спутникового зондирования (ДСЗ). Основой для ежедневного мониторинга служат данные высокоорбитальных метеорологических спутников TERRA (спектрорадиометр MODIS), NOAA (спектрорадиометр AVHRR) и MTSAT.

В течение 10 лет в Институте морской геологии и геофизики ДВО РАН существует группа SVERT (Sakhalin volcanic eruptions response team) - Сахалинская группа оперативного реагирования на вулканические извержения. Зона ответственности включает территорию от о-ва Кунашир до о-ва Онекотан. Наблюдения за вулканами северной группы островов (Парамушир и Атласова) по взаимной договоренности проводит камчатская группа оперативного реагирования на вулканические извержения (KVERT). Основные направления деятельности группы SVERT связаны со сбором и анализом всей доступной информации по активным вулканам и созданием на этой базе ежедневных информационных отчетов. Материалы, полученные за этот период, показывают, что на основе методов ДСЗ возможна фиксация даже незначительных изменений в состоянии вулканов Курильских островов.

В 2012 году на Курильских островах вулканическая активность отмечена на вулканах Иван Грозный (о. Итуруп) и Сноу (о. Чирпой).

Активизация вулкана Иван Грозный началась в середине августа с повышения парогазовой деятельности. Первый пепло-газовый выброс произошел в ночь на 16 августа, затем, до конца августа практически ежедневно отмечались кратковременные парогазовые выбросы с примесью пепла на высоту до 5 км н.у.м. Наблюдения велись визуально с вулкана Баранского, из г. Курильска и п. Горячие Ключи. По спутниковым данным (спектрорадиометр MODIS) наблюдался пепло-газовый выброс только 22 августа. Плохие погодные условия и кратковременность пепловых выбросов не давали возможности фиксировать их на спутниковых снимках. 28 сентября по визуальным данным отмечен кратковременный пепловый выброс на высоту до 3 км н.у.м. В настоящее время на вулкане отмечается сильная фумарольная активность.

Первые признаки вулканической активности на вулкане Сноу (о. Чирпой) отмечены в виде термальной аномалии на спутниковых снимках TERRA (спектрорадиометр MODIS) 10 ноября 2012 года. Начиная с конца ноября и весь декабрь на вулкане наблюдались отчетливые термальные аномалии и парогазовые выбросы.

Проанализировать данную ситуацию удалось при помощи спутниковых данных TERRA ASTER за 24 ноября 2012 г. На снимке отчетливо видна термальная аномалия в юго-восточном секторе вулкана, протяженностью около 1 км, максимальная температура 111°C. Исходя из морфологических особенностей и температуры термальной аномалии, можно предположить, что на склоне вулкана происходит излияние лавового потока (<http://www.kscnet.ru/webusers/dvm/?id=3>). В настоящее время (до марта 2013 г.) фиксируются термальные аномалии и парогазовые эмиссии. В ближайшем будущем планируется экспедиция для изучения последствий извержения вулкана Сноу.

## Секция II

### Геодинамика зоны перехода океан-континент

---

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ  
ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНЕ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА ПО ДАННЫМ  
МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.

**Абкадыров И.Ф.<sup>1</sup>, Горбатиков А.В.<sup>2</sup>, Степанова М.Ю.<sup>2</sup>, Букатов Ю.Ю.<sup>1</sup>, Геранин К.О.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [aifgf@mail.ru](mailto:aifgf@mail.ru),

<sup>2</sup>Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, г. Москва, [avgor70@mail.ru](mailto:avgor70@mail.ru)

В последнее время для изучения глубинного строения земной коры активное развитие получили пассивные сейсмические технологии, источником в которых является фоновое низкочастотное микросейсмическое поле Земли. Одна из наиболее интересных областей применения таких методов – это изучение зон современного вулканизма и действующих вулканов. Осенью 2012 года в районе Авачинского вулкана было проведено исследование глубинного строения земной коры с помощью одного из таких подходов - методом микросейсмического зондирования.

Метод реализуется в допущении, что вертикальная компонента микросейсмического поля определяется преимущественным вкладом фундаментальных мод Рэлея, и частота  $f$  однозначно связана с длиной волны фундаментальной моды. Показано (Горбатиков, Цуканов, 2011), что волна длиной  $\sim H/0.4$  претерпевает наибольшие амплитудные искажения от неоднородности, расположенной на глубине  $H$ . Соответственно, можно оценивать положение скоростных неоднородностей исходя из частотных срезов пространственных амплитудных вариаций, построенных для спектральных частот  $f_i$  исходя из соотношений  $H_i \approx 0.4 \cdot V_R(f_i)/f_i$ , (где  $V_R(f_i)$  - региональная дисперсионная зависимость). Соотношение подтверждено исследованиями геологических объектов различного масштаба и генезиса, и модельными расчетами. (Горбатиков и др., 2008).

Полевая методика сводится к последовательной регистрации микросейсм от точки к точке по профилю одним или несколькими переносными датчиками в течение определенного времени. Применяется коррекция измерений на базовую станцию для устранения эффекта трендовой нестационарности зондирующего микросейсмического сигнала.

Для регистрации был использован измерительно-аппаратурный комплекс из четырех широкополосных сейсмометров Guralp CMG-6TD ( $f=0.033-50$  Гц). Микросейсмический профиль от речки Мутная-1 до северной стороны сомы вулкана Авача был максимально приближен к известному профилю КМПВ-ГСЗ (Балеста и др., 1988). Было измерено 98 точек с шагом 200 м. Длина профиля составила около 20 км.

Получен вертикальный разрез по профилю, отражающий распределение контрастов (в дБ) скоростей поперечных сейсмических волн в земной коре до глубины 20 км относительно региональной скоростной модели. Разрез демонстрирует сложное строение, что объяснимо для района современного вулканизма. До глубин  $\sim 1$  км выделяется вытянутая приповерхностная низкоскоростная аномалия, очевидно, связанная с четвертичными вулканогенно-осадочными отложениями. В диапазоне глубин  $\sim 1-5$  км определяется низкоскоростная зона, предположительно соответствующая слабо консолидированным породам палеоген-неогенового возраста, заполняющим Авачинскую вулкано- тектоническую депрессию. В центре разреза выделяется низкоскоростная аномалия по положению и форме

совпадающая с Авачинским грабеном. По краям разреза расположены две высокоскоростные области. По глубине и характеру залегания верхняя граница одной из аномалий совпадает с известной кровлей кристаллического мел-палеогенового фундамента. Вторая расположена непосредственно под вулканом и, видимо, соответствует комплексу пород вулканической постройки и приподнятого блока кристаллического фундамента депрессии.

Также отмечается субвертикальная низкоскоростная аномалия под вулканом на глубинах ниже 5 км. Предположительно, она связана с системой магматических каналов и очагами. На данном этапе давать численные оценки размеров и глубин залегания магматических тел преждевременно. Требуется дополнительные исследования.

## КИНЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСКРЫТИЯ КОМАНДОРСКОЙ КОТЛОВИНЫ

**Баранов Б.В., Дозорова К.А., Чайкина О.Н.**

*Институт океанологии им. П.П.Шириова РАН, Москва*

Основная часть ложа Командорской котловины образовалась при ее раскрытии в олигоцен-миоценовое время с осью спрединга, ориентированной в северо-восточном направлении (Валяшко и др., 1993). Установлено, что в настоящее время процесс растяжения продолжается только на самом юге Командорской котловины (Baranov etc., 1991; Селиверстов и др., 1998). Структурно ось растяжения выражена массивом Вулканологов и грабеном Командор и этот район характеризуется высокими значениями теплового потока. Раскрытие обусловлено современными правосторонними смещениями вдоль зоны разломов Беринга. Однако, в Командорской котловине высокие значения теплового потока наблюдаются и в ее западной части. Западная область повышенного теплового потока пространственно совпадает с поднятием Бета. Предполагается, что высокий тепловой поток обусловлен здесь наличием системы оперяющих сбросов, возникающих на северо-западном окончании зоны правостороннего сдвига Альфа (Селиверстов и др., 1998)). Однако, судя по отсутствию сейсмической активности, в настоящее время этот разлом не является активным. В связи с этим мы предлагаем иную интерпретацию наличия зоны высокого теплового потока в западной части котловины.

Вдоль западной окраины Командорской котловины трассируется пояс мелкофокусных землетрясений, который рассматривается в качестве западной границы Берингоморской плиты. По фокальным механизмам землетрясений здесь определяется конвергентный характер смещения с праводвиговой составляющей по плоскостям, ориентированным в северо-восточном направлении (Ландер и др., 2007). Поэтому по аналогии с активным разломом Беринга и массивом Вулканологов можно предполагать, что правосторонние смещения на западной границе плиты приводят к возникновению области растяжения, приуроченной к поднятию Бета. Поднятие Бета в отличие от остальных структурных элементов котловины, связанных с процессом раскрытия, имеет не северо-восточное, а северо-западное простирание и состоит из серии линейных хребтиков, разделенных прогибами. Это дает нам основание предположить, что здесь происходит растяжение, ось которого ориентирована в северо-западном направлении, что согласуется с данными о повышенном тепловом потоке в этой области.

В отличие от срединно-океанических хребтов спрединг в задуговых котловинах имеет ряд специфических черт, к которым относятся перескоки его осей, наличие параллельных осей растяжения (диффузный спрединг) и т.д. Мы предполагаем, что в Командорской котловине одновременно существуют две оси раскрытия, приуроченные к массиву Вулканологов и возвышенности Бета и ориентированные соответственно в северо-восточном и северо-западном направлениях. Такая суперпозиция осей растяжения в Командорской котловине обусловлена кинематикой движений на границах Берингоморской плиты.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО МАССИВА РИКОРДА (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА)

**Блох Ю.И.<sup>1</sup>, Бондаренко В.И.<sup>2</sup>, Долгаль А.С.<sup>3</sup>, Новикова П.Н.<sup>3</sup>,  
Рашидов В.А.<sup>4</sup>, Трусов А.А.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Москва, e-mail: yuri\_blokh@mail.ru

<sup>2</sup>Костромской ГУ им. Н.А. Некрасова, г. Кострома

<sup>3</sup>Горный институт УрО РАН, г. Пермь

<sup>4</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

<sup>5</sup>ЗАО «ГНПП Аэрогеофизика», г. Москва

Подводный вулканический массив Рикорда, названный в честь известного отечественного мореплавателя, исследователя Дальневосточных морей адмирала Петра Ивановича Рикорда, расположен в Курильской островной дуге в центральной части одноименного пролива между островами Кетой и Ушишир. Он представляет собою вытянутый в субмеридиональном направлении плосковершинный вулканический массив и отделяется от о. Ушишир понижением рельефа до глубины 450 м, а от о. Кетой – до 350 м.

Судя по характеру сейсмоакустического изображения, в его строении принимают участие как плотные эффузивные, так и рыхлые, по-видимому, пирокластические образования. Массив состоит, вероятно, из нескольких слившихся вулканических построек, срезанных абразией. Об этом свидетельствуют и данные гидромагнитной съемки, выявившей сложный, мозаичный характер аномального магнитного поля над ним.

Углы наклона склонов южной части массива – 5-7°, восточных и западных – 15-20°, а северной – 30°. Плоская вершина массива, размером 2×9 км, находится на глубинах 130-150 м, что соответствует голоценовому повышению уровня воды Мирового океана. Это позволяет предполагать доголоценовый возраст массива. Размер основания массива Рикорда 9×19 км, а объем – около 50 км<sup>3</sup>. Подножие массива располагается на глубинах 600-700 м. Мощность перекрывающих его основание осадочных отложений незначительная. Рельеф прилегающих к массиву участков дна неровный. Вероятно, это обусловлено активной эрозионной деятельностью течений, особенно приливно-отливных, скорость которых в проливе может достигать 1.5-4 узлов

Среди драгированных пород наиболее магнитными оказались базальты, остаточная намагниченность которых достигает 10 А/м, а наименее магнитными – андезиты, остаточная намагниченность которых не превышает 0.6 А/м.

Интерпретация материалов геофизических исследований была выполнена с помощью разработанной авторами технологии моделирования данных гидромагнитной съемки в комплексе с эхолотным промером, непрерывным сейсмоакустическим профилированием и анализом естественной остаточной намагниченности и химического состава драгированных горных пород. При этом применялись разнообразные методы интерпретации, одни из которых ориентированы на 2D и 2.5D-анализ магнитного поля на отдельных галсах, а другие на 3D-анализ по всему массиву наблюдений. При расчетах использовался истинный рельеф вулканических построек, с учетом погребенного под осадками основания, полученный по данным эхолотного промера и непрерывного сейсмоакустического профилирования. Для уточнения глубинного строения подводных вулканов использовался анализ особых точек, томографическая интерпретация и монтажный метод решения обратной задачи магнитометрии.

В результате выполненных исследований получены данные о морфологии подводного вулканического массива Рикорда, петромагнитных свойствах пород, слагающих вулканическую постройку и распределении аномалиеобразующих объектов в ней.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 12-05-00156-а, 12-05-00414-а, 12-05-31138-мол\_а) и программе исследований ОНЗ РАН (проект 12-Т-5-1012).

## ВАРИАЦИИ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНАХ ЮЗ-5 И Е-1, КАМЧАТКА, ВЫЗВАННЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИМ СОБЫТИЕМ 28 ФЕВРАЛЯ 2013 Г., М=6.9

**Копылова Г.Н., Сизова Е.Г.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

28 февраля 2013 г. у юго-восточного побережья Камчатки на глубинах около 50-ти км произошло землетрясение с магнитудой 6.9, которое сопровождалось сотрясениями интенсивностью 4-5 баллов в г. Петропавловске-Камчатском, расположенном на эпицентральной расстоянии 270 км. Это землетрясение было первым из серии (роя) землетрясений в этом районе, наиболее сильные из которых имели магнитуды  $M_1=6.1-6.8$  (по данным КФ ГС РАН на 11 марта 2013 г.).

Сейсмические события такой интенсивности не происходили в относительной близости от столицы Камчатского края в течение 14-ти последних лет после землетрясения 8 марта 1999 г., М=7.0. Поэтому анализ материалов различных видов режимных наблюдений на предмет выделения эффектов, предшествующих и сопутствующих произошедшему сейсмическому событию представляет большой научный интерес.

В связи с этим землетрясением в скважинах ЮЗ-5 и Е-1 с использованием регистратора Кедр ДМ, оборудованного прецизионными датчиками уровня, атмосферного давления, температуры и электропроводности воды (ООО Полином, г. Хабаровск), были зарегистрированы:

- косейсмический скачок повышения уровня воды в скважине ЮЗ-5 в течение 10 минут после землетрясения;
- постсейсмические изменения уровня, температуры и электропроводности воды, вызванные воздействием сейсмических волн.

В скважине Е-1 с 16 февраля 2013 г. развивалось понижение уровня воды с повышенной скоростью, которое рассматривалось как возможный признак подготовки сильного землетрясения. Прогнозное заключение о возможности землетрясения с вероятностными оценками надежности прогноза по ретроспективным данным было подано 1 февраля 2013 г. в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений (КФ РЭС).

В докладе рассматриваются:

- 1) ситуация с прогнозированием этого сейсмического события по данным уровневых наблюдений на скважине Е-1;
- 2) вариации уровня воды и других наблюдаемых параметров подземных вод, вызванные землетрясением 28.02.2013 г.

## ГЛУБИННЫЙ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ КАЛЬДЕРЫ УЗОН (КАМЧАТКА)

**Мороз Ю.Ф., Карпов Г.А., Мороз Т.А., Николаева А.Г., Логинов В.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Кальдера Узон представляет собой кольцевую структуру, возникшую при обрушении кровли магматического очага после извержения больших объёмов пемзы и ингимбитов. Она

характеризуется мощным проявлением геотермальной активности. По разнообразию видов термопроявлений Узонское термальное поле является уникальным и не имеет себе равных на Камчатке. Изучение глубинного строения этого района представляет большой научный и практический интерес. Здесь в 2012 году выполнены магнитотеллурические зондирования (МТЗ) с целью изучения строения докальдерного и посткальдерного комплексов пород. Наблюдения магнитотеллурического поля производились с помощью современной канадской магнитотеллурической станции «Феникс» – MV-5. Регистрация магнитотеллурического поля осуществлялась в диапазоне звуковых частот от 10000 Гц до десятых долей Гц. Наблюдения МТЗ проводились по двум ортогональным профилям, пересекающим кальдеру в субширотном и субмеридиональном направлениях. Шаг наблюдений 200-500 м.

По данным формальной интерпретации кривых МТЗ получены геоэлектрические разрезы осадочного чехла кальдеры. Удельное электрическое сопротивление пород меняется от первых десятков до первых единиц Ом·м. Низкие значения сопротивлений отмечаются в центральной части кальдеры в районе термальных полей. Минерализация гидротерм здесь достигает 4-5 г/л. При такой минерализации удельное электрическое сопротивление раствора около 1 Ом·м. Можно полагать, что удельное электрическое сопротивление пород осадочного чехла в этой части кальдеры связано с насыщенностью пород минерализованными термальными растворами. Грубые оценки с помощью формулы Арчи свидетельствуют, что пористость пород здесь около 25%. По направлению к краевым частям кальдеры минерализация насыщающих вод и пористость уменьшается. Поэтому удельное электрическое сопротивление вырастает до первых десятков Ом·м.

Глубинный геоэлектрический разрез кальдеры получен в результате инверсии кривых МТЗ и магнитного типпера с помощью программы численного двумерного моделирования REBOSS.. Удельное электрическое сопротивление подстилающего комплекса пород меняется от первых сотен Ом·м до первых десятков Ом·м. Пониженные значения сопротивлений отмечаются под центральной частью кальдеры в районе восточного термального поля. Посткальдерный комплекс сложен магматическими породами основного и кислого состава. Сопротивление таких пород в сухом состоянии составляет тысячи Ом·м. Пониженные сопротивления пород можно связать с наличием гидротермальных растворов. Наиболее низкие удельные электрические сопротивления в первые десятки Ом·м отмечаются в средней части кальдеры под восточным термальным полем. Эта зона характеризуется повышенной пористостью пород. Она отражает наличие глубинного разлома, по которому гидротермальные растворы поступают в осадочный слой кальдеры и растекаются по нему, образуя термальные поля и многочисленные пульсирующие гидротермальные источники. О поступлении глубинных флюидов свидетельствует присутствие в составе спонтанных газов He, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, а в водных растворах повышенных содержаний химических элементов таких как Cl, B, As, Sb, Hg, редкоземельные элементы и др. Важно отметить, что в зоне глубинного разлома фиксируются проявления углеводородов. Это может указывать на вероятность неорганического происхождения углеводородов. Полученная геоэлектрическая модель в значительной мере уточняет и дополняет существующее представление о глубинном строении кальдеры Узон – одного из наиболее активных геотермальных районов на Восточной Камчатке.

## СТРОЕНИЕ ОЧАГОВОЙ ОБЛАСТИ ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Мороз Ю.Ф.<sup>1</sup>, Мороз Т.А.<sup>1</sup>, Алексеев Д.А.<sup>2</sup>, Яковлев А.Г.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*ООО «Северо-Запад»*

Очаговая область Олюторского землетрясения выделена по его афтершокам (Ландер, 1994). Примерные размеры области 100 x 260 км. Рассматриваемый район ранее изучен мелкомасштабной гравиметрической, аэромагнитной съёмками, маршрутными исследованиями методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ). В последние годы очаговая область землетрясения пересечена профилями МТЗ и МОВЗ с шагом 2-5 км. Обобщение и анализ геофизических данных с помощью современных подходов и методик даёт возможность дополнить и уточнить существующие представления о глубинном строении региона.

Геоэлектрическая модель области очага Олюторского землетрясения включает три слоя: осадочно-вулканогенный чехол пониженного электрического сопротивления, высокоомный слой коры и литосферный слой повышенной электропроводности. Осадочно-вулканогенный чехол имеет увеличенную мощность и повышенную электропроводность в синклиниях, впадинах и прогибах. Увеличенная электропроводность связана с преобладанием в разрезе терригенных пород. Это определяет пониженную плотность чехла. Высокоомный слой земной коры сложен метаморфическими и дислоцированными породами, характеризующимся высокой плотностью. Глубина залегания литосферного слоя повышенной электропроводности меняется от 10-20 до 30-50 км. Природа слоя связывается с наличием жидких флюидов. Гипоцентры Олюторского землетрясения и его афтершоков приурочены к высокоомной толще земной коры, расположенной между проводящим осадочно-вулканогенным чехлом и литосферным слоем. В этой толще происходило накопление тектонических напряжений при взаимодействии плит.

Основным элементом геоэлектрической модели является глубинный разлом, разделяющий плиты (Олюторскую и Корякскую складчатые зоны) с различной глубинной электропроводностью. Разлом выражен аномально высокой проводимостью литосферы и аномальным поведением гравитационного и магнитного полей. На дневной поверхности фрагменты разлома проявились в виде трещины протяжённостью около 80 км. С глубиной зона разлома расширяется в юго-восточном направлении. На глубине 30 км ширина зона разлома достигает почти 20 км. Разлом имеет продолжение в верхнюю мантию до глубин 100 и более км. Он характеризуется повышенной электропроводностью. Удельное электрическое сопротивление разлома меняется от первых единиц до первых десятков Ом. Пониженные значения сопротивлений отмечаются на глубинах 20-30 км. Северо-западный борт разлома является субвертикальным. Юго-восточный борт разлома в пределах земной коры имеет наклон около 30 градусов. Гипоцентры Олюторского землетрясения и его афтершоков приурочены к высокоомному блоку земной коры между осадочным чехлом и юго-восточным наклонным бортом проводящего разлома. Характерно, что наклон сейсмофокальной зоны является близким к наклону юго-восточного борта разлома. Это свидетельствует, что возникновение напряжений в земной коре может быть связано с взаимодействием плит по надвигу. В результате этого взаимодействия в земной коре проявились более мелкие проводящие разломы с глубиной проникновения до 10 км. На дневной поверхности некоторые из них проявились также в виде трещин.

В заключение следует отметить, что важную роль в распределении напряжений в литосфере играют проводящие ослабленные зоны, по которым осуществляется скольжение плит. Эти проводящие зоны являются демпферами. Они ограничивают накопление

напряжений в нижних частях литосферы. Поэтому, в рассматриваемой области гипоцентры землетрясений сосредоточены преимущественно в земной коре, а не в верхней мантии.

## МАГНИТОВАРИАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОЙ КАМЧАТКИ

**Мороз Ю.Ф., Самойлова О.М.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

С конца 70-х годов XX века на Камчатке проводится изучение глубинной электропроводности с помощью таких методов как МТЗ (магнитотеллурическое зондирование), МВЗ (магнитовариационное зондирование) и МВП (магнитовариационное профилирование). Однако все сведения получены на удалении от восточной береговой линии, вследствие чего информация о распределении электропроводности этой территории ограничена. В последние годы компанией ООО «Северо-Запад» выполнены работы по МТЗ и МВЗ на северо-восточном побережье Камчатки. Исследуемый профиль имеет протяженность 300 км. Он проходит от п. Оссора до п. Корф вдоль нескольких заливов и Ильпинского полуострова, пересекая глубинный Камчатский разлом в двух местах – недалеко от п. Оссора и вблизи лагуны Аннуянгвын.

При полевых измерениях использовался аппаратно-программный комплекс Phoenix Geophysics Ltd, в состав которого входит GPS-система и станция MTU – 5A, предназначенная для регистрации пяти компонент электромагнитного поля. Измерительные линии и горизонтальные магнитные датчики длиной 80 м выкладывались на магнитные азимуты 30° (Ex) и 120° (Ey). Шаг съемки варьировался от 2,5 до 5 км. Обработка магнитовариационных данных проводилась в два этапа. Первичная работа над полученным материалом выполнена компанией ООО «Северо-Запад» с помощью программ Synchro Time Series View и SSMT 2000 фирмы Phoenix Geophysics Ltd. Второй этап обработки произведен авторами с помощью специальной программы, которая позволяет получить для каждого пункта наблюдений при различных периодах вариаций (от первых долей секунд до первых десятков минут) азимуты и модули вещественных и мнимых индукционных стрелок.

В результате обработки построены схемы индукционных стрелок для периодов 100, 500 и 1000 с. Основная часть векторов имеет направление от океана к суше, что указывает на действие так называемого берегового эффекта, возникающего по причине резкого контраста сопротивлений двух сред – воды и суши. Поворот нескольких стрелок в начале профиля, вероятно, связан с локальными неоднородностями и с влиянием сложной формы береговой линии. Береговой эффект изучен с помощью трехмерного численного моделирования, независимо от эффектов, связанных с геоэлектрическими неоднородностями осадочно-вулканогенного чехла. Графики проекций модулей экспериментальных стрелок на модельные, которые рассчитаны с помощью описанной модели, указывают на заметное превосходство по модулю последних, особенно в северной части профиля. Важно отметить, что при увеличении периода вариаций вещественные индукционные стрелки более устойчивы, т.е. они в меньшей мере зависят от влияния локальных неоднородностей верхних частей разреза и содержат информацию о глубинной электропроводности. По априорным данным в исходную модель введен низкоомный слой на глубине 30-50 км, который заметно гасит береговой эффект. Введение проводящего слоя приводит к совпадению модельных и экспериментальных индукционных стрелок. Это подтверждает повышенную глубинную электропроводность в районе восточного побережья. Полученный результат является предварительным и требует дополнительного исследования, т.к. не учитывает трехмерных эффектов, характерных для исследуемой местности. В будущем исходная модель будет уточнена с привлечением данных МТЗ и другой геолого-геофизической информации.

## ПРЕДВЕСТНИКОВЫЕ АНОМАЛИИ В РАДОНОВОМ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЯХ ЗЕМЛИ ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ В АВАЧИНСКОМ ЗАЛИВЕ С $M=5.6$ , 15.10.2012 Г.

**Фирстов П.П., Макаров Е.О., Сероветников С.С.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

В ряде работ (Фирстов и др., 2006, 2008; Макаров, 2011) показано, что перед некоторыми землетрясениями с магнитудой  $M > 5.5$ , происходящими в Авачинском заливе, в поле подпочвенного радона наблюдались бухтообразные предвестники с временем упреждения 1-8 суток. Сеть станций радонового мониторинга позволяла определить азимут на источник, удовлетворительно совпадающий с направлением на эпицентр, и кажущуюся скорость распространения возмущений, вызывающих эти аномалии, которая была заключена в пределах 20-80 км/сутки. Данные бухтообразные предвестники рассматриваются как отклик поля подпочвенного радона на «геодеформационные волны», связанные с квазипластичными деформациями в зоне субдукции на последней стадии подготовки сильных землетрясений Авачинского залива.

Объемная активность радона в подпочвенном газе определяется скоростью конвективного переноса и диффузией в пористой среде - элювиально-делювиальных отложениях, в которых расположены датчики концентрации радона. Оба параметра зависят как от метеорологических величин, так и изменений напряженно-деформированного состояния геосреды. Поэтому сопоставление результатов наклономерных наблюдений с данными регистрации концентрации радона в подпочвенном воздухе представляет большой интерес для подтверждения наличия «геодеформационных волн».

В последние годы на Камчатке развернута сеть современных наклономерных станций (Левин и др., 2012), которая позволяет следить за поверхностными проявлениями деформаций земной коры. Проведена совместная обработка данных сети пунктов радонового мониторинга и данных наклономерной станции РЕТТ (с/с Петропавловск) за период с 01-30 октября 2013 г., захватывающий период перед землетрясением в Авачинском заливе 15.10.2012 г. с  $M=5.6$ .

На основе сопоставления всех данных, показано, что обоими методами зарегистрирована геодеформационная волна, по форме представляющая уединенную волну длительностью 4 суток с максимальной относительной деформацией грунта  $2 \cdot 10^{-6}$ .

В последние десятилетия многие исследователи обращают внимание на особенности реологических свойств геоматериала и усложняют модель процесса подготовки землетрясения. Также в литературе интенсивно обсуждается вопрос о медленных волнах деформации, которые имеют определенное теоретическое обоснование и косвенно выделяются в геофизических полях, но прямые экспериментальные доказательства существования этих волн пока очень немногочисленны, поэтому данные, приведенные в работе, представляют большой интерес для понимания процесса подготовки сильных землетрясений.

## МОДЕЛЬ ГЛУБИННОЙ ТЕКТониКИ ТЕРРИТОРИИ ХАИЛИНСКОГО И ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ЮГО-ЗАПАД КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ)

**Яроцкий Г.П.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Хаилинское (1991 г.) и Олюторское (2006 г.) землетрясения произошли на материковой части Камчатского края, где согласно долгосрочной программе (до 2025 г.) будут развиваться объекты горнорудной отрасли с созданием сухопутной и морской инфраструктуры.

Землетрясения изменили оценку сейсмичности территории и поставили проблему их опасности.

Землетрясения не связаны с сейсмофокальной зоной, здесь отсутствующей, их облака взаимно ортогональны, что очевидно связано с блоковым строением разреза на активной окраине мелового континента, выраженного Центрально-Коряжской структурно-формационной зоной. Граница дешифрируется по поверхности зоной надвига (5-20 км) по комплексу палеоген-неогеновой Олюторской СФЗ, имеет в своём составе пластины ультраосновных пород, падающих на юг. Южнее надвига лежит Вывенская впадина с глубиной фундамента  $K = 3$  км и кристаллического – 10 км. Эпицентры главных толчков землетрясений приурочены к ЮВ борту впадины, где разрез представлен блоками фундамента с глубинными диоритовыми интрузиями в них.

Тектонически облако Олюторского землетрясения локализовано в звене Ильпинско-Тылговаямского прогиба с его локальной Вывенской впадиной, заключённого между поперечными (СЗ) межглыбовыми сквозькоровыми разломами. Звено прогиба с сопредельным к югу звеном Говенско-Пылгинского антиклинория и к северу отрезком Вывенско-Ватынского глубинного разлома заключено ими на окончании опущенной глыбы земной коры Олюторского залива.

В звене прогиба по распределению площадей облаков афтершоков Олюторского землетрясения выделяются три равновеликих по площади блоков неоген-мелового разреза СЗ ориентировки. Центральный блок ярко выражен облаком Хаилинского землетрясения, обрамлён прилегающими блоками Ветвейским (на ЮЗ) и Увалистым (на СВ). Эпицентры главных толчков обоих землетрясений приурочены к замковой части наиболее прогнутого геологического разреза неоген-мела и поверхности кристаллического фундамента. Предлагается модель глубинного разреза территории Олюторского землетрясения по длинной оси, где на ЮЗ её части выделены площади трёх названных блоков с максимальной плотностью афтершоков обоих землетрясений. На СВ Олюторского облака ещё два блока находятся за пределами опущенной глыбы коры уже в воздымающейся глыбе Олюторского полуострова. Хаилинское землетрясение возникло в самой прогнутой части разреза коры как афтершок Олюторского, а облако унаследовало СЗ простирание его блока. Два соседних блока (Ветвейский и Увалистый) были вовлечены в сейсмический процесс Олюторского землетрясения, вместе с повторным Хаилинским.

Тектоника территории облака Олюторского землетрясения с форшоковым и афтершоковым облаками Хаилинского может быть представлена как подвижки надразломных блоков-клавиш к ЮВ по пологим пластинам. Развитие событий маловероятно к ЮЗ от границы облака, где поперечный межглыбовый сквозькоровый разлом (простирающийся также и в подошве литосферы) является экраном. Вероятны подвижки в Хаилинском блоке имеющим глубинное продолжение к юго-востоку, где возникло землетрясение № 13.

Методологической основой исследования является авторская концепция глыбово-клавишной структуры активных окраин континентов западной части Тихоокеанского подвижного пояса. Её положение в разрезе звеньев региональных структур коры заключающих парой поперечных разломов, заложенных в блоково-клавишной структуре её отдельных ярусов. Концепция разрабатывалась автором с 1973 г. и реализована на сопредельных звеньях региональных СВ структур (Ветроваямский вулканоген).

В исследовании использованы сейсмологические данные Ландера А.В. и Рогожина Е.И. с соавторами (2007), Лобковского Л.И. (1988), Апрелькова С.Е. (1997) с соавторами, Мороза Ю.Ф. (1997), карта магнитного (Корнилов Б.А., 1973) и гравитационного (Белоусова С.П., 2001) полей, трансформации Митрофанова М.О. (2011), авторские разработки.

## Секция III

### Гидротермальные процессы: геотермия, геохимия, метасоматоз

---

#### ГАЗОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ГКМ)

**Воронин П.О., Кирюхин А.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [Malgor90@mail.ru](mailto:Malgor90@mail.ru)*

Разработана численная газогидродинамическая модель газоконденсатного месторождения (ГКМ) Западной Камчатки. Для разработки модели использована программа TOUGH2 с модулем состояния EWASG, позволяющая создавать модели многофазной многокомпонентной фильтрации с учетом неконденсирующихся газов (CH<sub>4</sub>). Для подготовки геологической модели использован препроцессор PetraSim v.5.0. Модель сгенерирована на полигональной вычислительной сетке, состоящей из 1057 активных элементов, содержит добычные, резервные и наблюдательные скважины месторождения и включает четыре продуктивных горизонта. Фильтрационно-емкостные и петрофизические свойства модели определены по данным литературных источников.

Выполнено моделирование начального состояния, получено распределения давления и газонасыщения в продуктивных горизонтах в ненарушенном эксплуатацией состоянии. На газогидродинамической модели воспроизведена история эксплуатации ГКМ 1998–2012 г, получена удовлетворительная сходимость результатов моделирования с фактическими данными по обводнению добычных скважин за 2011–2012 гг. Обсуждается возможный механизм обводнения добычных скважин.

#### ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИНДИКАТОРЫ ОБЛАСТЕЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ.

**Данилин Д.Д.**

*Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский*

Известно, что в областях гидротермальной активности существует очень специфичная гидротермальная фауна. Одной из особенностей гидротермальной фауны является ее высокая облигатность (Гебрук, Галкин, 2002). Сейчас очевидно, что в глубинах Мирового океана обитают животные, характеризующиеся высокими биомассами, причем потребляемая ими первичная продукция извлекается не за счет солнечной энергии, а за счет бактерий симбионтов. Представителями гидротермальной фауны являются, в том числе более 42 видов двустворчатых моллюсков.

Одними из представителей специализированной гидротер-



*Рис. 1: Карта схема района работ.*

*Прямоугольником околнурена область, на которой были найдены моллюски. Показаны изобаты 300, 500, 1000 метров.*

мальной фауны являются двустворчатые моллюски рода *Calypptogena* (сем. *Vesicomyiidae*). Калиптогены повсеместно известны как характерные обитатели так называемых восстановительных биотопов (Гебрук, Галкин, 2002). Калиптогены живут в симбиозе с тионовыми бактериями, для питания которых необходимо поступление восстановленных соединений серы (Крылова, 2002). Несколько свежих раковин представителей этого рода были обнаружены в траловых уловах в северо-западной части Берингова моря в диапазоне глубин 360–475 м, в районе с координатами N60°47'1" E173°14'8" – N61°25'2" E175°46'1". Ближайшей точкой, где были обнаружены представители этого рода, является северный склон вулкана Пийпа, на глубине 483 м. До настоящего времени это самая северная и самая мелководная точка нахождения представителей этого рода в гидротермальных районах Мирового океана (Галкин, Москалев, 2006). Наличие на раковинах периостракума и лигамента не оставляет сомнений в том, что эти раковины не являются субфоссильными. В этом же районе, на глубине 415 м, был найден живой моллюск *Acharax* sp. (сем. *Solemyidae*), способом питания которого является бактериальная симбиотрофия плюс остаточная детритофагия. Для представителей этого семейства питание с помощью симбиотрофных бактерий является первостепенным. Моллюск обычно находится над вертикальной частью норы, уходящей вниз в обогащенный сульфидом слой осадка (Крылова, 2002). В связи с переходом на симбиотрофное питание у представителей этого семейства происходит даже редукция пищеварительной системы (Metivier, von Cosel, 1993), т.е. без гидротермальных высачиваний эти моллюски просто не могут существовать.

Учитывая вышеизложенное, мы считаем, что находка таких узкоспециализированных моллюсков, приуроченных к зонам гидротермальной активности, указывает на то, что в северо-западной части Берингова моря, в диапазоне глубин 360-475 м, существует еще не открытая область гидротермальных проявлений. В честь замечательного ученого Чингиза Мухамедовича Нигматулина, собравшего материал по редким двустворчатым моллюскам, мы предлагаем назвать эту гипотетическую область – «область Чингиза».

## ГЕОХИМИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫХ И СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

**Жарков Р.В.**

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

В 2006-2008 гг. на Центральных и Северных Курильских островах были проведены международные комплексные экспедиции по проекту «Курильский биокомплексный проект: человеческая уязвимость и способность к восстановлению при субарктических изменениях» (руководитель проекта - доктор Бенджамин Фитцхью, Университет штата Вашингтон, США). Задачей вулканологического отряда (руководитель отряда к.г.-м.н. А.В. Рыбин, ИМГиГ ДВО РАН) было изучение истории развития вулканов, а также исследование геохимических особенностей газо-гидротермальных систем района. В ходе полевых работ были обследованы труднодоступные и слабоизученные термопроявления вулканов Синарка (о. Шиащкотан), Ушишир (о. Янкича), Экарма и Расшуа.

На вулкане Синарка проведены измерения температуры парогазовых выходов на Центральном экструзивном куполе вулкана, обследованы Северо-Восточное и Западное сольфатарные поля. Температура большинства сольфатар экструзивного купола составляет 100-150°C, температура одной из крупных сольфатар достигала 450° С. На Северо-Восточном сольфатарном поле выявлены значительные изменения по сравнению с описаниями Е.К. Мархинина и Д.С. Стратулы (1977). На сольфатарном поле по-прежнему активно действуют сольфатары с температурой до 100° С. Сравнительно недавно в северной части поля появился пульсирующий термальный источник с температурой до 93° С и рН 7.1. По химическому

составу воды источника относятся к сульфатно-хлоридным кальциевым гидротермам. На Западном сольфатарном поле существенных изменений нет. Здесь выходят малодобитные источники сульфатно-хлоридного кальциево-магниевого состава с температурой 28-42°C и pH 2.8.

Вулкан-кальдера Ушишир представляет собой небольшой кольцевой хребет с бухтой Кратерной в центре. На юго-восточном берегу бухты расположено сольфатарное поле. Здесь находятся как сольфатары с температурой 100-103° С, так и термальные источники хлоридного натриевого состава с минерализацией 23-27 г/л. Температура источников достигает 101° С, pH 2.8-3.7.

Термальные источники, расположенные у северного подножия вулкана Экарма, не претерпели значительных изменений за последние 45 лет. Гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциево-магниево-гидротермы с температурой до 40°C и pH 6.1 разгружаются в береговом обрыве на протяжении нескольких десятков метров. В 2008 году обнаружены новые термальные источники в небольшой бухте в северо-западной части острова. Температура источников не превышает 40°C, по химическому составу относятся к хлоридно-сульфатным натриевым термам.

На острове Расшуа обследована группа термальных источников, известная под названием «ванны Сноу». На побережье Тихого океана выходят сульфатные кальциево-магниево-термы с температурой 33-43°C. На побережье Охотского моря обнаружено ранее не описанное термопроявление в 3 км севернее бухты Маленькой. Источники, названные «ваннами Коротеева», располагаются на площадке 35x15 метров в приливно-отливной зоне. Температура воды источников составляет 22-36.2°C, по химическому составу они относятся к хлоридным натриевым гидротермам с минерализацией 3 г/л и pH 7.5.

Работы выполнены при поддержке грантов № ARC-0508109 Национального Научного Фонда США, гранта РФФИ № 07-05-10070К, грантов ДВО РАН № 06-II-CO-08-031, № 06-III-B-08-371 и № 07-III-D-08-097.

## ТЕРМАЛЬНЫЕ ПОЛЯ И ИСТОЧНИКИ О.ШИАШКОТАН (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

**Калачева Е.Г., Котенко Т.А., Котенко Л.В., Волошина Е.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Шиашкотан - один из островов Онекотанского блока Большой Курильской дуги длиной 26 км. В плане он имеет форму восьмерки, сформированной двумя вулканическими массивами Синарка и Кунтоминтар. Гидротермы различного химического состава и физико-химических показателей разгружаются на склонах вулканов и в береговой зоне.

Термопроявления влк.Кунтоминтар сосредоточены в центральном и северо восточном кратерах вулкана. Основная разгрузка осуществляется в виде мощных парогазовых струй (скорости истечения варьируют от 5 м/с до 35 м/с, диапазон температур составляет 144-480°C), расположенных в кратере молодого пирокластического конуса вулкана Кунтоминтар. Вдоль ручья Кратерного, дренирующего сольфатарные поля кратера наблюдаются выходы ультракислых (pH 1.5-2.8) высокотемпературных (до 80°C) термальных вод с небольшими дебитами (<0.3 л/с) и общей минерализацией до 7.7 г/л.

Термопроявления вулкана Синарка более многочисленны и разнообразны, как по химическому составу, так и по местоположению выходов. Мощная парогазовая деятельность сконцентрирована на склонах молодого экструзивного купола вулкана Синарка. Температура фумарол на границе купола и молодого конуса в среднем составляет 100-150°C, непосредственно на куполе достигает 449°C [Жарков, 2011]. Ниже подножья купола, на Западном склоне вулкана на четырех термальных площадках разгружаются кислые (pH < 4), сульфатно-хлоридные воды с пестрым катионным составом с общей минерализацией до 8 г/л

и температурой до 60°C. Многочисленные парогазовые струи с температурой около 100°C и кипящие сульфатные и сульфатно-хлоридные источники с широким диапазоном значений pH и общей минерализацией до 1 г/л встречаются в бассейне руч. Серного на северо-восточном склоне вулкана. В прибрежной зоне расположены четыре группы (Башмачная, Водопадная, Дробная, Закатная) выходов минерализованных ( $M_{\text{общ}}=3.1-12.9$  г/л) близнеитральных (pH=5.9-6.9) хлоридных натриевых термальных вод. Большинство из источников находятся в приливно-отливной полосе и обнажаются только во время отливов. Дебиты отдельных выходов не превышает 0.2-0.3 л/с. Максимальная температура воды 63.8°C измерена в источниках Водопадной группы. Изредка в местах выходов источников пробулькивают пузырьки газа с дебитом отдельных газовых струй до 1.5 л/час (Закатные источники).

Термальные источники и парогазовые струи, разгружающиеся в пределах острова Шиашкотан, являются поверхностными проявлениями Северо-Шиашкотанской и Кунтоминтарской гидротермальных систем.

## КАОЛИНИТЫ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)

**Карданова О.Ф.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [kof@kscnet.ru](mailto:kof@kscnet.ru)*

Каолиниты в районе КДВЦ встречаются на 9 термальных полях (ТП). В кратере вулкана Старый Кихпиньч (СК) они встречаются на Южном (ТП 1) и Северном (ТП 3) термальных полях, на восточном склоне СК («Щеки», ТП 5) галлуазит является цементом в конгломератах, (в междуречье) в районе впадения ручья Кислого в речку Светлую (исток реки Мутной, ТП 7) огромная площадь тундры (~1000x1000 м<sup>2</sup>) занята светлым (почти белым) каолинитом. На внешних склонах СК (южном, П 28 и западном, П 29) также встречается каолинит. На склонах сопки Желтой каолинит встречается на нескольких термальных полях (ТП 18, ТП 19, ТП 20), а также на восточной кромке кратера (П 31). Каолинитовые глины наблюдаются в минеральных котлах Верхне-Гейзерного поля (ТП 22) и в некоторых котлах Долины Гейзеров.

Северный склон СК представлен измененными до каолинитовых глин породами. На ТП 1 глиноземистые осадки в зоне смешения вод источников с водой «из-под снежника» имеют в своем составе некоторое количество каолинита. Но измененные породы в районе ТП 1 сложены монтмориллонитовой глиной. Белая каолинитовая глина слагает ТП 18 и ТП 19. Но на ТП 18 это преимущественно минеральные котлы с конденсатом (pH ~2) и глубиной более 2 м, существующие сейчас или те, которые были здесь ранее. На ТП 19

на протяжении более 200 м вниз по склону многочисленные проколы с температурой 56-93 °С. В составе газов фумарол присутствует H<sub>2</sub>S. С октября по конец июня сопка закрыта снегом. На ТП 22 и ТП 23 также встречаются минеральные котлы, в составе которых есть каолинит.

Каолиниты ТП 18, ТП 22, ТП 23 образуются в минеральных котлах под действием конденсатных вод. Кроме того, на ТП 18 идет преобразование под действием фумарольных газов, как на ТП 19 и ТП 20. Каолиниты ТП 19 и ТП 20 – результат преобразования липартодацитов под действием фумарольных газов. Каолиниты ТП 1 образуются в зоне смешения кислых и субщелочных вод. ТП 3 – древняя зона кислотного выщелачивания. ТП 28, ТП 29 и ТП 31 – под воздействием различных экзогенных факторов.

## К ВОПРОСУ О ПРЕЦИЗИОННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

**Карташева Е.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Рассматривается общепринятый подход к оценке результатов количественного анализа по точности прецизионности. Освещается вопрос о правилах организации межлабораторных сличительных испытаний на примере анализа изверженных вулканических пород. Излагаются принципы расчета внутренней прецизионности и межлабораторной воспроизводимости результатов анализа, а также принципы оценки категории точности методов анализа. Приводятся результаты определения содержания порообразующих элементов в пробах изверженных пород вулкана Толбачик при различных способах изготовления излучателей для рентгенофлуоресцентного анализа.

Приводятся примеры оценки точности анализа неустойчивых объектов – природных поверхностных, глубинных и термальных вод, конденсатов геотермального пара, природных и вулканических газов.

## АНАЛИЗ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ОПОЛЗНЯ 3.06.2007

**Кирюхин А.В., Рычкова Т.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Мониторинг гидрогеологического режима с целью выявления динамики изменений после катастрофического оползня 3.06.2007 проводится с 2007 г на гейзерах Великан, Большой, Подпрудном Озере и девяти основных режимных гейзерах и источниках. Снижение продолжительности среднего периода извержений гейзера Великан показывает тенденцию стабилизации после его уменьшения в первые три года после катастрофического оползня: 379 мин (2007 г), 359 мин (2008 г), 323 мин (2009 г), 334 мин (2010 г), 337 мин (2011 г), 337 мин (2012 г). В среднем за наблюдаемый период темп уменьшения периода гейзера Великан составил 7.2 мин в год. По данным наблюдений на гейзере Большой, его средний период извержений составил – 64 мин, его активность связана с уровнем Подпрудного Озера.

В процессе разрушения плотины рекой Гейзерной происходит систематическое понижение уровня воды в Подпрудном Озере (130 см в течение 4 лет, или около 33 см в год), на это понижение накладываются сезонные подъемы уровня озера во время весенне-летнего паводка.

Среднее значение разгрузки глубинной термальной компоненты гидротерм (оцениваемой хлоридным методом на створе «Плотина») составляет 219 кг/с (тепловая мощность гидротермальной системы 191 МВт), при этом наблюдаются значительные сезонные вариации с минимумом в весенне-летний паводок. Использование начиная с мая 2012 г логгера для непрерывной записи электропроводности на створе «Плотина» позволило регистрировать непрерывные изменения динамики скрытой разгрузки и тепловой мощности гидротермальной системы.

За период наблюдений 2010-2012 гг по группе из 9-ти основных наблюдаемых кипящих источников и гейзеров отмечаются признаки разбавления по основным компонентам глубинного теплоносителя (уменьшение содержания Cl-иона на 6%) при некотором увеличении компонент, связанных с притоком охлажденных метеорных вод обогащенных

атмосферным воздухом (увеличение содержания  $\text{SO}_4$ -иона на 87%, Ca,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ), что наиболее вероятно связано с инъекцией в гидротермальную систему воды из Подпрудного озера.

С использованием TOUGH2-EOS3 моделирования оценивается влияние Подпрудного Озера на цикличность гейзера Великан. Прогнозируется уменьшение периода его извержений на 9.4% в результате инъекции холодной воды из Подпрудного Озера.

## ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО ПОТОКА И ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ НА ТЕРМАЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ

**Кирюхин А.В., Мирошник О.О.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

В 2010-2012 гг на Верхне-Мутновском термальном поле проводились режимные термометрические наблюдения с записью температуры в течение 5-8 суток двумя логгерами, один из которых размещался на поверхности, а другой (логгер-зонд) на глубине 12 см. Частота записи – 1 замер / 5 мин. Записи осуществлялись в 12-ти различных точках (термометрических станциях) термального поля. Для обработки результатов применялось инверсионное моделирование (iTOUGH2-EOS3, вода + воздух). В качестве наблюдаемых данных рассматривались записи температуры на глубине 12 см. В качестве граничного условия по температуре на поверхности Земли рассматривались записи температурного логгера на поверхности. В качестве оцениваемых параметров рассматривались: тепловой поток, теплопроводность и удельная теплоемкость горных пород. Для воспроизведения экспериментов на модели сгенерирована одномерная (вертикальная) модель глубиной 1 м, состоящая из 100 элементов. В 101 элементе - заданы переменные граничные условия, соответствующие поверхности Земли (глубина 0, атмосфера), модельная температура в 89 элементе (глубина 12 см) сравнивается с наблюдаемыми записями изменениями температуры в логгере-зонде. В связи с неизвестным начальным распределением температуры, калибровка модели начинается спустя 48 часов после включения на модели переменного граничного условия по температуре, предварительно на модели воспроизводятся условия естественного состояния со средним значением температуры на верхней границе. При решении обратной задачи, iTOUGH2 автоматически подбирает искомые величины по наилучшей сходимости модельных и фактических температур. В результате получены следующие оценки параметров и сходимости. Стандартное отклонение температуры составило около 1 °С. Величина теплового потока в среднем составила 261 Вт/м<sup>2</sup>, наиболее высокие значения наблюдаются на станциях, установленных в непосредственной близости от термальных проявлений на поверхности. Удельная теплоемкость горных пород колеблется в пределах 1100-1600 Дж/кг, средняя теплопроводность горных пород 1.27 Вт\*м/°С.

## АНАЛИЗ ГОРНЫХ ПОРОД В ОБЛАСТИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ

**Назарова М.А., Карташева Е.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Целью данной работы является презентация прибора (его технические характеристики), получаемые данные и их интерпретация.

Рентгеновский дифрактометр фирмы Shimadzu XRD-7000 является компактным рентгеновским дифрактометром общего назначения с вертикальным гониометром, поставляемым в качестве стандартного. Применение прецизионного вертикального гониометра позволяет проводить анализ различных образцов. Система может быть сконфигурирована за счет установки дополнительного оборудования и программного обеспечения для различных аналитических задач.

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА КАРЫМСКОГО И ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ В КАЛЬДЕРЕ АКАДЕМИИ НАУК ЗА ПЕРИОД 2006-2012 ГГ.

**Николаева А.Г., Карпов Г.А., Кузьмин Ю.Д.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Состояние оз. Карымское и термальных источников детально изучались после катастрофического извержения в озере в 1996 г. [Вакин, Пилипенко, 1998; Николаева и др., 2005; Карпов и др., 2006; Карпов и др., 2008]. В работе [Карпов и др., 2008] было показано, что с 2000 г. наблюдается явный тренд восстановления гидрохимических параметров озера. В настоящей работе дается их последующая оценка по данным гидрогеохимических исследований 2006-2012 гг. На базе ежегодных режимных наблюдений рассматриваются изменения гидрохимического состава воды оз. Карымское по двум станциям ( $S_1$  – центре подводного кратера Токарева и  $S_2$  – центре озера) и состояние солевого и термического режима термальных источников в обрамлении озера. Водородный показатель в истоках р. Карымской достиг значений 7.0. Стремятся к этим показателям поверхностные воды озера и кратера, водородный показатель в которых соответственно равен 5.90 и 6.74. В отличие от этих показаний, глубинные воды все еще находятся в пределах 5.0-6.0, немаловажную роль чему способствует всего лишь двухразовое сезонное перемешивание водных масс и практическое отсутствие сильных ветровых штормов вовлекающих в процесс перемешивания глубинную водную часть водоема. На фоне предыдущих наблюдений за 1996-2006 гг. [Карпов и др., 2008] отмечено дальнейшее снижение (в разы) практически всех компонентов солевого состава (за исключением повышения  $\text{HCO}_3$ ), как в водной толще озера, так и в истоках единственно вытекающей из него р. Карымской, что говорит о понижении общей минерализации и ощелачивании вод водоема. Среди компонентов солевого состава выделяются Na и Cl, в снижении значений которых фиксируется замедленное действие. По всей вероятности, это указывает на остаточные поступления флюидных потоков с глубин кальдерной постройки. Очевидны изменения и в динамике деятельности термальных источников в кальдере Академии Наук. От взрывных воронок трассирующих зону трещиноватости на п-ове Новогоднем, по которой после катастрофического события в озере (1996 г.) высокотемпературные гидротермы поднялись к поверхности [С.А. Федотов, 1997; В.Л. Леонов, 1997] остались лишь незначительные углубления. По всей вероятности прекратили свою деятельность Пляжные источники, расположенные в северном обрамлении кратера Токарева, температура воды, в которых на 2012 г. сравнялась практически с таковой поверхностной воды кратера (16-18°C). Заметно снизилась гидротермальная деятельность Пийповских источников, выразившаяся в снижении их температуры, дебита, минерализации, интенсивности выхода спонтанного газа, а также в сужении площади распространения температурного поля вокруг трещины 1996 г. В районе распространения Береговых источников (юго-восточный сектор оз. Карымское) в 2012 г. наблюдалось прекращение деятельности ист. Сердитого, но вместе с тем и появление нового высокотемпературного ( $t = 90^\circ\text{C}$ ) с низким дебитом. В западной группе источников Академии Наук (южный сектор озера), наблюдалось сокращение периода покоя между извержениями

гейзера Новый и увеличение в нем расхода воды по сравнению с данными предыдущих лет [Вакин, Пилипенко, 1998; Карпов и др., 2008]. На месте грязевого котла Анна зафиксирована разгрузка слабощелочные вод вместо слабокислых по данным до 2006 г. Таким образом, прекращение деятельности Пляжных источников, единичные выходы спонтанного газа в районе Пийповских источников, снижение их дебита, сокращение температурного поля и выравнивание в нем температурных значений, уменьшение в них и в воде кратера Токарева минерализации воды, следует понимать как продолжение снижения гидротермальной деятельности на полуострове Новогоднем, связанной с постепенным сжатием термовыводящей зоны (1996 г.) субмеридионального направления.

## О СООТНОШЕНИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ И КЕПРОКА В ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

**Павлова В.Ю.<sup>1,2</sup>, Делемень И.Ф.<sup>1,2</sup>**

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

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

Геотермальными системами называются участки литосферы, в пределах которых тепловой поток существенно превышает фоновый. Появление таких аномалий может быть вызвано кондуктивным теплопереносом (лито- и петротермальные системы) и конвективным теплопереносом (магматические, флюидные и гидротермальные системы), либо сочетанием обеих процессов. К гидротермальным относятся водные системы конвективного теплопереноса в земной коре. Необходимым условием для их формирования является пространственное сочетание трех факторов: 1) развитие проницаемой для воды зоны (гидротермального резервуара), 2) их обводненность, 3) наличие под проницаемыми зонами источника теплового питания.

В простейшем случае горизонтального или наклонного пласта с поровым, трещинным или трещинно-жильным типами проницаемости, резервуар однороден по своим свойствам. Однако это бывает крайне редко, обычно более проницаемые участки (продуктивные зоны) чередуются с мало проницаемыми (водоупоры). Строение резервуара может быть осложнено фациальной неоднородностью слагающих его пород, дизъюнктивной тектоникой, развитием гидротермалитов в нем, что приводит к проявлению блочности в строении резервуара. Нередки случаи, когда резервуар включает в себя пачку субпараллельных продуктивных зон и разделяющих их водоупоров. В таком случае резервуары более высокого порядка называют субрезервуарами (либо уточняют их положение – верхний, средний, нижний резервуары). Подошва нижнего субрезервуара является нижней границей всего резервуара, а подстилающие его породы называются бедроком. Вся толща пород над кровлей всего резервуара называется кепроком. Кепрок может состоять как из одного водоупора, так и из пачки водоупоров и проницаемых зон. В отличие от резервуара, для кепрока характерен кондуктивный теплоперенос. Кепрок – активная динамическая система, в которой проницаемость может увеличиваться из-за деформаций, источником которых являются геомеханические и флюидомеханические процессы в резервуаре, а также уменьшаться вследствие кольматации трещин и минералообразования на геохимических барьерах.

В настоящее время относительно хорошо изучены резервуары высокотемпературных гидротермальных систем, однако это относится к центральным, наиболее продуктивным частям, которые рассматриваются как геотермальные месторождения. Уже на флангах изученность резервуаров меньше, а еще меньшая степень изученности резервуаров средне- и низкотемпературных систем.

В докладе на примере хорошо изученных и разбуренных скважинами систем Камчатки (Мутновская, Паужетская и др.) и мира (гидротермальные системы Японии, США, Новой

Зеландии и др.) показано, что изучение строения приповерхностных частей кепрока даёт ценную информацию о строении гидротермальных резервуаров.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ № 11-05-00602, Государственного задания № 5.3799.2011 и Минобрнауки России (в рамках программы стратегического развития ФГБУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012 – 2016 г.).

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ТЕРМАЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК НАЛЫЧЕВСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

**Рашидов В.А.<sup>1</sup>, Федорченко И.А.<sup>1,2</sup>, Делемень И.Ф.<sup>1,2</sup>, Дубровская И.А.<sup>1</sup>, Андреев В.И.<sup>1,2</sup>, Мельникова А.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН; [rashidva@kscnet.ru](mailto:rashidva@kscnet.ru)*

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

<sup>3</sup>*ООО «Изыскатель»*

В июле 2012 г. в рамках Молодежного научно-исследовательского лагеря «Геофизик-12» сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН совместно с преподавателями, аспирантами и студентами Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга были продолжены комплексные геолого-геофизических исследования локальных термальных площадок Налычевской гидротермальной системы, начатые в 2010 г.

В центральной части Природного парка «Налычево» проведены геомагнитные, электроразведочные, ядерно-геофизические и почвенно-термометрические исследования на термальной площадке «Грифон Иванова», геомагнитные исследования и  $\gamma$ -съемка на термальных площадках «Желтореченская» и «Первая лужа» (Горячереченские источники). Кроме того, были выполнены профильные измерения объемной активности радона и отобраны пробы термальных вод и травертинов для дальнейших лабораторных исследований.

В августе 2012 г. впервые была выполнена тепловизионная съемка на термальных площадках «Грифон Иванова» и «Котел», показавшая, что максимально зарегистрированная температура на термальной площадке «Грифон Иванова» достигает 68°C, а на термальной площадке «Котел» – 55°C.

Результаты геомагнитных и ядерно-геофизических исследований, выполненных по регулярной сети наблюдений на термальной площадке «Грифон Иванова», показали хорошее совпадение с результатами, полученными в 2010 г., при выполнении съемки по нерегулярной сети наблюдений. При этом получена более четкая локализация аномалий, среди которых отмечено генеральное северо-западное простирание. На кромке грифона Иванова отмечено высокое значение OARn равное 98 кБк/м<sup>3</sup>.

В распределении естественного электрического потенциала также уверенно выделяется положительная аномалия СЗ простирания, вероятнее всего, связанная с относительно неглубокой областью разгрузки термальных вод.

В центральной части площади по данным вертикального электрического зондирования установлено, что верхняя часть разреза с  $\rho_{уд}$  от 500 до 1000 Ом·м сложена травертином, глубина развития которого изменяется от 8 м на западе до 18 м на востоке. Нижний горизонт (высокоомный фундамент,  $\rho_{уд} > 5000$  Ом·м) фиксируется на глубинах от 40 до 60 м и, вероятнее всего, является водоупором. Проводящим горизонтом является термальная вода ( $\rho_{уд} < 50$  Ом·м).

При изучении термальных площадок «Желтореченская» и «Первая лужа» впервые получены сведения о строении аномального магнитного поля ( $\Delta T$ ), распределении магнитной восприимчивости и ядерно-геофизических характеристиках.

В результате выполненных в 2012 г. исследований получены новые данные о строении локальных термальных площадок Налычевской гидротермальной системы и намечены первоочередные объекты для дальнейших исследований.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта РФФИ 12-05-31419-мол\_а.

## СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПИРИТА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

**Рычагов С.Н.<sup>1</sup>, Давлетбаев Р.Г.<sup>1</sup>, Щегольков Ю.В.<sup>1,2</sup>**

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

<sup>2</sup> *ФГУП ЦНИГРИ, г. Москва*

Постановка работы определяется актуальностью фундаментальной научной проблемы – изучение условий и механизмов концентрирования рудных химических соединений в гидротермальных системах. В современных гидротермальных (геотермальных) системах реализуются процессы, по-видимому, характерные для начальных этапов формирования эпи- и мезотермальных золото-серебряных и полиметаллических месторождений. Авторы сообщения обращают внимание на особые сорбционные свойства пирита геотермальных полей в связи с образованием на поверхности его кристаллов тончайших (десятки – сотни нм) минеральных пленок (Рычагов и др., 2010). Пленки могут иметь двух- или многослойную структуру: верхний слой, как правило, представлен титансодержащей оксидно-силикатной фазой, нижний – сульфидными или (и) тиосульфатными комплексами железа с восстановленным азотом (Рычагов, Щегольков, 2011). В составе пленки определены: S, Si, Fe, Ti, C, N, Cu, Cl, K, Ca, Au; в единичных случаях установлено присутствие Hg. Слои пленки отличаются сорбционной емкостью и специализацией на отдельные химические элементы, что, по-видимому, связано с физико-химическими условиями формирования пирита в толще гидротермальных глин и с общими характеристиками геотермальных систем (полей). Рельеф поверхности кристаллов пирита (минеральных пленок) имеет почковидную, глобулярную, колломорфную и т.п. структуры; в образовании пленки участвуют коллоидные частицы размером от долей микрона до долей нанометра. Вероятно, на формирование пленки и, в целом, на сорбционные свойства пирита геотермальных полей большое влияние оказывают аморфные фазы кремнезема, силикатные, железистые и др. гели, характерные для начальных этапов минералообразования в рудообразующих гидротермальных системах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 12-05-31343-мол\_а, 13-05-00262а).

## СТРУКТУРНАЯ И ФАЗОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ГЛИН ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ

**Сергеева А.В.<sup>1</sup>, Рычагов С.Н.<sup>2</sup>, Назарова М.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Воронежский государственный университет*

<sup>2</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Исследования направлены на решение фундаментальной научной проблемы – изучение условий транспорта и концентрирования металлов в современных высокотемпературных гидротермальных системах. Основная задача работы заключается в изучении трансформации структуры глинистых минералов и механизмов замещения катионов (Fe, Al, Ca, Mg, Si, др.) под влиянием активных геотермальных процессов. Исследования выполняются на примере

Паужетско-Камбально-Кошелёвского геотермального (рудного) района Южной Камчатки. Непосредственными объектами изучения являются послойные разрезы толщи гидротермальных глин, формирующихся на Нижне- и Верхне-Кошелёвской термоаномалии и Южно-Камбальном Дальнем термальном поле. Определения фазового состава и структурных особенностей глин выполнены методами инфракрасной спектроскопии и порошковой дифрактометрии в ИВиС ДВО РАН, экспериментальное моделирование и теоретические расчеты – в Воронежском государственном университете и в Институте электронной физики Национальной академии наук Украины (г. Ужгород).

Аргиллизация исходных горных пород (лав и экструзий андезитов и почвенно-пирокластических отложений) в зоне гипергенеза современных гидротермальных систем происходит под влиянием кислых и слабо кислых сульфатных растворов сложного катионного состава, циркулирующих в открытой трещинно-поровой системе и заключенных в микропорах. Различия в составе горных пород, физико-химических условий на термальных полях и в составе растворов приводят к образованию разных типов слоистых силикатов и алюмосиликатов: семейства монтмориллонита-каолинита и слюд (гидрослюд). Группа минералов каолинита формируется в условиях низкой активности  $Fe^{2+}$  и других двухвалентных металлов и кремния. Высокая активность Si приводит к образованию смектитов (группа монтмориллонита). При повышенных концентрациях в поровых растворах двухвалентных металлов происходит заполнение октаэдрических пустот металлокислородного слоя катионами этих металлов и формирование триоктаэдрических слюд флогопит-биотитового ряда. Последнее наиболее характерно для высокотемпературных влагонасыщенных участков толщи глин - находящихся под влиянием паро-газовых струй. В целом, способность катионов многих металлов, в особенности – переходных (Ti, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Au, Hg, др.), к ионному обмену связана также с активностью гидроксил-иона, межслоевой и адсорбированной воды в минералах глин. По-видимому, все это ведет к формированию комплексных геохимических барьеров в толще гидротермальных глин на различных глубинах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 12-05-31343-мол\_a, 13-05-00262-а).

## ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ НАД ЗОНАМИ ПОГЛОЩЕНИЯ СЕВЕРНОГО ФЛАНГА МУТНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАРОГИДРОТЕРМ

**Чернев И.И., Округин В.М., Москалева С.В., Назарова М.А., Округина А.М., Философова Т.М., Чубаров В.М., Шишканова К.О., Яблокова Д.А.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

В последние годы на северном фланге Мутновского месторождения парогидротерм пройдено несколько новых скважин, которые вскрыли мощные ореолы гидротермальных изменений над зонами поглощения. Авторами проведены детальные комплексные исследования химического состава горных пород, метасоматитов и гидротермальных новообразований, таких как силикаты, цеолиты, карбонаты, оксиды, самородные, сульфиды и сульфосоли.

**Методы исследований:** минералогический, минераграфический, сканирующая аналитическая электронная микроскопия (СЭМ), рентгеноспектральный с электронным микрозондом и новейшим энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 80, рентгенофазовый (XRD), рентгенофлуоресцентный (XRF), индукционно связанная плазма (ICP).

**Результаты исследований:** Получены новые данные о типоморфных особенностях некоторых наиболее распространенных минералов, таких как карбонаты, глинистые

минералы, сульфиды (пирит, сфалерит). Установлено наличие зон адуляризации, в которых содержание калия достигает 8-10%.

## Секция стендовых докладов

---

### 12000 ЛЕТ ЭРУПТИВНОЙ АКТИВНОСТИ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА: ТЕФРОСТРАТИГРАФИЯ

**Базанова Л.И.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

В результате работ по реконструкции динамики активности и продуктивности Авачинского вулкана в голоцене на основе обширных геологических, геоморфологических, тефрохронологических и геохронологических данных составлен сводный тефростратиграфический разрез для последних 12000 лет его жизни. Полученная летопись эруптивных событий включает 155 извержений вулкана, зафиксированных горизонтами пироклаستيку (тефра, отложения пирокластических потоков), 118 из них относится к его действующему Молодому конусу. Установлены ареалы распространения пеплов всех выявленных извержений, что необходимо для оценки реальных объемов тефры. Подсчитаны объемы пироклаستيку большинства извержений, работа эта продолжается и близка к завершению. Определено стратиграфическое положение пироклаستيку и лавовых потоков соседнего действующего Корякского вулкана в сводном разрезе.

Диагностика и прослеживание пепловых горизонтов проводились в первую очередь в разрезах почвенно-пирокластического чехла по трем основным круговым профилям вокруг вулкана в радиусе до 25 км от кратера. Стратиграфическими маркирантами при этом служили идентифицированные нами пеплы крупнейших голоценовых извержений с известным возрастом. Это пеплы: вулканов Ксудач (1907 г., 1800 и 6000  $^{14}\text{C}$  л.н.) и Карымский (4500  $^{14}\text{C}$  л.н.), кратеров Бараний Амфитеатр в кальдере вулкана Опала (1500  $^{14}\text{C}$  л.н.) и Чаша (4700  $^{14}\text{C}$  л.н.) и кальдерообразующего извержения 7600  $^{14}\text{C}$  л.н. (кальдера Курильского озера). Корреляция завершалась  $^{14}\text{C}$  датированием. Около 200 радиоуглеродных дат, полученных Л.Д. Сулержицким (Геологический институт РАН, г. Москва), позволили реконструировать хронологию голоценовой вулканической активности.

Извержение, открывающее сводную летопись, произошло ~10 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н. и, по-видимому, завершало позднеплейстоценовый этап активности Авачинского вулкана. На это же время (поздний плейстоцен–начало голоцена) приходится финальная стадия активности его крупного побочного многоактного центра – Козельского вулкана, последнее извержение которого имело место ~8.6 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н. В дальнейшей голоценовой истории Авачинского вулкана можно выделить два главных этапа активности: 1) ранний этап редких, но сильных и катастрофических извержений андезитов (7.3–3.5 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н.) и 2) поздний этап частых извержений андезибазальтов, связанный уже с деятельностью Молодого конуса (3.5 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н. – настоящее время). Смена характера эруптивной активности была отмечена инициальным извержением Молодого конуса 3800 календарных л.н., которое вынесло на поверхность более 3.6 км<sup>3</sup> андезибазальтовой пироклаستيку. Это и другие катастрофические извержения Молодого конуса в диапазоне 3800–3200 л.н. принадлежат мало изученному периоду усиления вулканической активности на Камчатке (эпохе катастроф) 4500–3200 л.н. К этому же периоду относится и ряд сближенных во времени (3350–3150 л.н.) событий на Корякском вулкане, когда изливались мощные и протяженные лавовые потоки андезитов.

Полученные результаты будут использованы в качестве основы для долгосрочного прогноза будущих извержений Молодого конуса Авачинского вулкана.

## О ВОЗРАСТЕ ШЛАКОВЫХ КОНУСОВ НА СОЧЛЕНЕНИИ ПОДНОЖИЙ АВАЧИНСКОГО И КОРЯЖСКОГО ВУЛКАНОВ

**Базанова Л.И., Пузанков М.Ю., Кулиш Р.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

При реконструкции истории эруптивной активности стратовулканов за несколько тысячелетий необходимо определять и стратиграфическое положение более мелких вулканических аппаратов (в т.ч. шлаковых конусов), если таковые имеются в пределах главных построек и на их периферии. В настоящем сообщении приведены данные о возрасте пяти шлаковых конусов, сосредоточенных на сочленении подножий Авачинского и Коряжского вулканов, уточняющие датировки трех из них (Масуренков и др., 1991; Базанова, Сулержицкий, 2009). Два конуса обозначены и датированы впервые. Прямое датирование радиоуглеродным методом в этом районе не представляется возможным из-за отсутствия здесь гумусированных погребенных почв или остатков растительности в межпепловых прослоях. Поэтому стратиграфические позиции голоценовых моногенных центров определены по соотношению их тефры с идентифицированными нами горизонтами пироклаستيки известного возраста. Выделены три возрастные категории шлаковых конусов.

**Поздний неоплейстоцен – конусы Добрыня, Попович, Зуб** (здесь и далее – названия М.Ю. Пузанкова). Это наиболее древняя группа сильно разрушенных конусов, расположенных в верховьях р. Седловинки, к СВ от перевала. Они перекрыты мощным почвенно-пирокластическим чехлом (ППЧ), отвечающим всему голоцену, и мореной позднеплейстоценового оледенения (Попович). Их постройки с неясными формами сложены кирпично-красным агглютинатом, имеются фрагменты лавовых потоков (магнезиальные базальты). Кратеры либо совсем не выражены (Добрыня), либо предполагаются (Попович, Зуб). Тефра этих центров в ППЧ не установлена. Последовательность образования конусов достоверно определить не удалось, но, вероятно, конус Зуб самый молодой в этой группе.

**Ранний голоцен (~10500 л.н.) – конус Страж** на ЮВ склоне Коряжского вулкана на абс. выс. 1970.4 м. Он частично разрушен, но сохранились правильные конические очертания постройки; его лавовые потоки преимущественно магнезиальных базальтов спускаются почти до перевала. Ранее календарный возраст конуса Страж был принят как 650 л.н. на основании сходства составов лав конуса и тефры, датированной <sup>14</sup>C методом (Базанова, Сулержицкий, 2009). Дальнейшие исследования показали, что тефра 650 л.н. относится к Молодому конусу Авачинского вулкана. Тефра же конуса Страж установлена нами в ППЧ ниже маркирующего пепла КО, связанного с извержением ~8500 л.н., когда образовалась кальдера Курильского озера. С учетом скорости формирования супесей в межпепловых прослоях возраст конуса определен как ~10500 л.н.

**Поздний голоцен (3300-3400 л.н.) – конус Муромец.** Самый молодой, хорошо сохранившийся конус с кратером, открытым на СВ, и излившимся из него лавовым потоком, расположен между постройками Добрыни и Поповича, частью перекрывая их. Тефра конуса фиксируется в виде мощного (до 2-3 м) бомбового горизонта, залегающего между горизонтами пироклаستيки Молодого конуса Авачинского вулкана с календарным возрастом 3250 и 3500 л.н. Возраст конуса Муромец оценивается как 3300-3400 л.н. Состав ювенильных продуктов отвечает глиноземистым андезибазальтам, аналогичным преобладающим породам Молодого конуса. Предполагается, что возникновение этого центра вслед за катастрофическими извержениями начальной стадии формирования Молодого

конуса может быть связано с поступлением больших объемов магматического вещества в постройку и закупоркой центрального жерла вулкана.

## ВАРИАЦИИ УРОВНЯ СЕЙСМИЧНОСТИ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА В 2000-2012 ГГ. (СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА)

**Воропаев П.В., Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А., Коновалова А.А.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

Проведены работы по первому применению методики статистической оценки уровня сейсмической активности СОУС'09 (Салтыков, 2011) для Ключевского вулкана. Оценки рассчитываются на основе использования функций распределения сейсмической энергии, выделившейся в различных временных окнах. Шкала статистической оценки уровня сейсмичности включает пять основных и три дополнительных градации. Согласно шкале СОУС'09, 95% времени мониторинга сейсмичность находится на обычном, нормальном, фоновом уровне, 4% - на высоком либо низком уровне, и лишь 1% времени отводится на аномалию как отклонение от нормы (экстремально высокий или экстремально низкий уровень сейсмичности). Для повышения детальности фоновый уровень разбивается на три подуровня: фоновый средний, фоновый пониженный и фоновый повышенный.

Методика программно реализована: разработана система вычисления уровня сейсмичности произвольного региона в виде компьютерной программы, исполняемой в среде Windows XP, Windows Vista, Windows 7 (Воропаев, 2012; № государственной регистрации 2012615123).

Информационной основой проведенных исследований является каталог Ключевской группы вулканов, полученный в Камчатском филиале КФ ГС РАН в 2000-2012 гг.

Проанализирована динамика сейсмичности 2000-2012 гг. для двух наиболее сейсмоактивных объемов среды под Ключевским вулканом: областью малоглубинного магматического очага (глубина до 5 км, уровень надежной регистрации  $K_s=4.0$ ) и областью промежуточного магматического очага в коромантийном слое (диапазон глубин от 20 до 35 км, уровень надежной регистрации  $K_s=5.0$ ).

Построены номограммы уровня сейсмичности для указанных наборов данных. Статистически обосновано и формализовано понятие «сейсмический фон» для различных участков питающей магматической системы Ключевского вулкана. Показано, что представленные вариации уровня сейсмичности могут быть соотнесены с теми или иными эпизодами зафиксированной эруптивной деятельности вулкана, в том числе с процессом подготовки извержения.

## ГЛУБИННАЯ СТРУКТУРА КЛЮЧЕВСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ И ЕЕ ОТРАЖЕНИЕ В ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

**Гонтовая Л. И.<sup>1</sup>, Попруженко С.В.<sup>2</sup>, Сеньюков С.Л.<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup> *Камчатнедра, Петропавловск-Камчатский*

<sup>3</sup> *Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

Обсуждается характер распределения геофизических неоднородностей в земной коре (ЗК) и верхней мантии (ВМ), с которыми могут быть связаны области магматического питания вулканов Ключевской группы (КГВ), а также пространственное взаимоотношение глубинной и вулcano-тектонической структур этого района. С этой целью рассмотрен:

комплекс данных, включающий: характер сейсмичности (региональной и локальной в районе вулканов), результаты среднемасштабной 1:200000 гравиметрической съемки, сейсмотомографического моделирования скоростных полей  $V_p$  и  $V_s$  и др. Согласно интерпретации гравиметровых данных, морфология поля в редукции Буге на территории КГВ может являться следствием наложения аномалий как минимум пяти разноглубинных структурных уровней. В верхней коре, по высокочастотной составляющей гравиметрового поля (ГП), выделены две субкольцевые системы (вулкано-тектонические депрессии ВТД) – Ключевская с диаметром порядка 80 км, что практически соответствует ширине ЦКД на этой широте, и Толбачинского дола с диаметром порядка 40-50 км. Вулканы Плоский и Острый Толбачики расположены в зоне интерференции ВТД, поэтому однозначно определить из какого глубинного магмоочага осуществляется их питание не представляется возможным. Аномалии ГП от более глубоких структурных уровней, устанавливаемые менее надежно, интерпретируются в комплексе со скоростными моделями ЗК и ВМ. Обе, выделенные в осадочно-вулканогенном слое, структуры приурочены к северному блоку рифтовой структуры Центрально-Камчатской депрессии и ее пересечению с подводным продолжением Императорских гор. Этот блок резко отличается по своим физическим свойствам, характеру сейсмичности, структуре коры и мантии и другим признакам, от южной части ЦКД. Комплекс перечисленных признаков «рисует» нам некую, хотя и очень сложную, глубинную коническую структуру, границы которой в 3D скоростной модели по крайней мере с северной и восточной сторон соответствуют высокоскоростному фокальному слою, а в верхней коре – размерам выделенных в ГП вулкано-тектонических структур. В пределах этой структуры ВМ отличается рядом аномальных скоростных свойств, в частности, отмечена ее расслоенность по параметру  $V_p$  (выделено по крайней мере два слоя пониженной скорости) и неоднородность по  $V_s$ , которая может свидетельствовать о «вымывании» расплавов и/или флюидов из центральной части аномальной мантии к подошве ЗК, что, соответственно, приводит к повышению значений  $V_s$ . В рисунке скоростного поля четко выделен «канал» связи этой неоднородности ВМ со скоростными аномалиями в нижней коре под Ключевскими вулканами и Толбачиком, которые могут интерпретироваться как промежуточные магмоочаги. Очевидна взаимосвязь по крайней мере одной из этих аномалий пониженной скорости со структурой Ключевского вулкана. Полученные результаты позволяют рассмотреть свойства ВМ в данном районе в свете глобальной модели Земли и ставить задачу дальнейшего геодинамического моделирования протекающих здесь глубинных процессов.

## КАРТИРОВАНИЕ СЕМЕЙСТВ КУПОЛЬНО-КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР ПРИ ПОИСКАХ ПОРФИРОВЫХ И ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Гуревич Д.**

*SRK Exploration Services Ltd., Алматы, Казахстан*

Эффективность прогнозно-металлогенических и геологоразведочных работ всех стадий может быть существенно повышена за счет систематического картирования рудоконтролирующих структур. Это в полной мере относится к ГРР на порфировые и эпитеpmальные месторождения, связанные с вулкано-магматическими системами.

Развиваемая автором концепция семейств купольно-кольцевых структур (СККС) позволяет расширить рамки структурного картирования в вулканических поясах и сделать его более систематическим. Основу концепции составляет учение о вулканических центрах, разработанное учеными института вулканологии и сейсмологии (Эрлих Э.Н., 1973; Масуренков Ю.П., 1979; Балеста С.Т., 1981; Егоров О.Н., 1984; Леонов В.Л., 2004 и др.). При картировании СККС используются методы геоморфологии (Мелекесцев И.В., 1980 и др.),

металлогенического и структурно-геоморфологического анализа (Щеглов А.Д., 1976; Фаворская М.А., Томсон Н.И., 1974; Кочнева Н.Т., 1983; Светов А.П., 2005 и др.), современные модели кальдерообразования (Gudmundsson A., Cole J.W., Acocella V. И др.) и вулканогенного оруденения (Sillitoe R.N., Hedenquist J.W., Chang Zh., Sinklair D., Arribas A.J., Кривцов А.И., Дьяконов В.В., Щепотьев В.М. и др.). Комплексный анализ дистанционных, геологических, геофизических и геохимических данных ведется с помощью современных геоинформационных систем.

Вулканические центры располагаются над магматическими очагами, сформированными вблизи нижней границы коры восходящими астеносферными потоками магмы, воды, летучих и тепла. Потоки формируются над зоной субдукции за счет дегидратации слэба и астеносферной конвекции; в последнее десятилетие их существование было подтверждено геофизическими методами и численным моделированием (Zhao D., Tatsumi, D. Tamura Y., Zhu G., Honda S., Gerya T. и др.). Центры достигают 160 км в диаметре и составляют звенья вулканических поясов. Каждый центр включает в себя магматические очаги разных уровней, питающие каналы, вулканы, тектонические структуры. Особую роль играет материнский магматический очаг, располагающийся в нижней части коры. Магматическая дифференциация в этом очаге, наряду с особенностями состава астеносферного плюма, определяют основные черты магматизма и менерагенической специализации центра (Richards J., 2011 и др.).

На поверхности центр выражается как *Семейство Купольно-Кольцевых структур (СККС)*. СККС объединяет все ККС, сформированные в результате эволюции промежуточных (дочерних) очагов и материнского нижнекорового резервуара, которому соответствует наиболее крупная ККС. Комплексный анализ данных позволяет выделить СККС практически при любом уровне эрозионного среза, в различных тектонических обстановках, в различных ландшафтах. Каждый центр обладает определенным металлогеническим потенциалом, который отражается в структурных особенностях (наиболее металлоносные центры обладают более сложными СККС), и может быть оценен по имеющимся данным. Картирование СККС позволяет оконтурить площадь, перспективную для поисков определенного комплекса полезных ископаемых, картирование дочерних ККС позволяет выделить участки для крупномасштабных ГРП. Приводятся примеры картирования СККС при прогнозно-поисковых работах на золото, медь и уран в пределах вулканических площадей Охотско-Чукотского пояса, Камчатки, Казахстана, Забайкалья, Аляски и Новой Зеландии.

## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЭВОЛЮЦИЯ ТОРФЯНИКОВ КАМЧАТКИ В ПОСЛЕДНЕЕ ТЫСЯЧЕЛЕНИЕ

**Дирксен В.Г.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Болотные экосистемы производят и консервируют торф, накопления которого являются грандиозным хранилищем биогенного углерода. Согласно прогнозным оценкам (IPCC 2007), изменения в функционировании болотных экосистем, вызванные глобальным потеплением климата в последние десятилетия, способны резко усилить "парниковый" эффект за счет выделения соединений биогенного углерода. На Камчатке торфяники имеют широкое распространение и нередко значительную мощность залежей, при этом достоверной информации об их динамике в голоцене, и особенно в недавнем прошлом, до сих пор очень мало. Одной из причин является недостаток качественных палеоклиматических данных по Камчатке с высоким временным разрешением, необходимых для выявления трендов развития экосистем и биоклиматического моделирования. Чтобы восполнить существующий пробел, в

2012 г. были опробованы торфяники в разных районах Камчатки для изучения комплексом методов; к настоящему времени получены первые результаты.

Колонка отложений общей мощностью 5 м была отобрана бурением с поверхности торфяника на водоразделе (256 м над у.м.) в среднем течении р. Крутогорова, Западная Камчатка. Предварительная хронология отложений была получена с помощью тефрохронологии. Использовались пеплы-маркеры: Курильское озеро - Ильинская, 7600; Хангар, 6900; Опала, 1500 и Шивелуч, 1400 14С л.н. Согласно хронологической модели (которая в дальнейшем будет уточнена серией 14С датировок), верхние 50 см торфа формировались в течение последних ~1100 лет. Результаты палинологического анализа и анализа микрофоссилий (остатки грибов, беспозвоночных животных и растений) образцов из верхней части колонки позволили реконструировать изменения климата и эволюцию торфяника в последнее тысячелетие с высоким временным разрешением.

В период ~1100-920 л.н. леса в данном районе имели ограниченное распространение, что свидетельствует об относительно холодных условиях. Это хорошо соотносится с эпизодом похолодания и подвижек ледников на Аляске около 1000 л.н. В болотном сообществе абсолютно преобладали сфагновые мхи.

Период ~920-260 л.н. характеризуется общим расширением лесов, связанным с потеплением. Максимальное продвижение белоберезовых лесов в начале периода, между ~920 и 680 л.н., позволяет заключить, что климат этого времени был не только самым теплым за последнее тысячелетие, но и более континентальным. Данный интервал можно соотнести с периодом Средневекового потепления, который датируется в Евразии ~1300-700 л.н., а на Аляске - между 1000 и 500 л.н. Постоянное присутствие заносной пыльцы ели в спектрах позволяет предположить, что хвойные леса в ЦКД в это время также расширились. На болоте сфагновые мхи сменились травяно-осоковым сообществом.

Около 260 л.н. началось усиление роли кустарниковых формаций, как на болоте, так и в окружающей растительности. Состав микрофоссилий (остатки амеб, клещей, хирономид и др.) свидетельствует об обводнении поверхности болота. Увеличение роли ольхи и ольхового стланика в растительности района указывает на усиление влажности климата в целом. При этом отсутствуют сигналы резкого похолодания, которое можно было бы соотнести с событием Малой Ледниковой эпохи, проявившимся в других районах Камчатки (~150-300 л.н.) и на Аляске (~150-450 л.н.). Около 80-50 л.н. началось осушение болота, что, возможно, связано с современным климатическим трендом.

В торфянике обнаружены два горизонта криптотефры (менее 1 см мощностью) неизвестных источников. Несмотря на незначительную мощность, один из пеплов (~1000 л.н.) оказал негативное влияние на моховый и травяной ярусы болотной растительности, тогда как влияние другого пепла (~260 л.н.) не проявилось.

## ЭТАПЫ ТЕРРАСООБРАЗОВАНИЯ НА Р.САВАН КАК ОТРАЖЕНИЕ ОБЩЕКАМЧАТСКИХ ПЕРИОДОВ ПОВЫШЕННОЙ ЭНДОГЕННОЙ АКТИВНОСТИ.

**Дирксен О.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Интенсивные тектонические подвижки зафиксированы для многих районов Камчатки как с помощью современных инструментальных измерений, так и по результатам проводившихся палеосейсмических и палеотектонических реконструкций. Однако данных по голоценовым движениям на территории Южной Камчатки до настоящего времени нет.

В структурном отношении Южная Камчатка на широте р. Саван представляет собой чередование структур воздымания (Ункановичский и Прибрежный горсты) и опускания или зон отстающих поднятий (Голыгинский и Южно-Камчатский прогибы). Заложившись в

палеогене, эти структуры оставались активными вплоть до недавнего времени, о чем свидетельствует пространственное распределение эруптивных центров как центрального, так и ареального типа. Большинство центров позднеплейстоцен - голоценового возраста расположено в пределах Южно-Камчатского прогиба, свидетельствуя о высокой активности в данное время этой долгоживущей региональной зоны прогибания и растяжения. Ориентация редких ареальных центров позднеплейстоценового возраста в пределах Ункановичского горста также позволяют предположить определенную тектоническую активность в конце позднего плейстоцена, однако каких либо свидетельств тектонических подвижек в голоцене в пределах горста до настоящего времени выявлено не было. Для выявления следов таких подвижек и определения их возраста нами были проведены геолого-геоморфологические и тефрохронологические исследования в среднем течении реки Саван.

В районе слияния рек Левый и Правый Саван речная долина представляет собой межгорную котловину шириной до 3 км. Ее борта сложены плиоцен-четвертичными вулканогенными породами, а днище заполнено молодыми рыхлыми отложениями. В ходе маршрутных обследований было обнаружено 8 субгоризонтальных террасовидных поверхностей, высота которых составляла от 1 до 7 м над современной поймой реки. Проведенные геолого-геоморфологические и тефрохронологические исследования позволили установить генезис этих поверхностей и определить время их формирования. Самая высокая из обнаруженных поверхностей соответствует поверхности флювиогляциальной террасы, сформировавшейся во время отступления ледников последнего оледенения. Более низкие поверхности представляют собой аккумулятивные речные террасы, образовавшиеся за последние 10000 лет. В качестве основных временных реперов, при определении их возраста, использовались транзитные пеплы Кшт<sub>3</sub>, ОП, КС<sub>1</sub>, ХД, КС<sub>2</sub> и КО, имеющие возраст около 100, 1500, 1800, 2600, 6000 и 7600 <sup>14</sup>С лет, соответственно. Кроме того, были получены 4 радиоуглеродные датировки, позволившие уточнить возраст некоторых событий. В результате было установлено, что террасы высотой около 5.5, 4.5 и 3 метра возникли в диапазоне 10000 - 8000 <sup>14</sup>С л.н. После длительного перерыва, порядка 3500 - 4000 лет, возникла терраса, высотой около 1.5 метров. Следом за ней, в диапазоне 2800 - 2600 <sup>14</sup>С л.н. сформировались две террасы высотой 1.2 и 0.8 м. Самая молодая надпойменная терраса в этом районе имеет возраст около 1000 лет и высоту около 0.5 м. Таким образом, можно выделить два основных периода интенсивного воздымания в районе р. Саван: около 10000 - 8000 и 2800 - 1000 <sup>14</sup>С л.н. Полученные данные хорошо согласуются с результатами исследований в других районах тектонического поднятия. Так датирование речных террас в районе р. Авача выявило два основных этапа воздымания территории: в раннем (10000 - 7000 <sup>14</sup>С л.н.) и позднем (2900 - 1600 <sup>14</sup>С л.н.) голоцене. Позднеголоценовая (3000 - 1000 <sup>14</sup>С л.н.) активизация тектонических процессов отмечена и на стабильных участках, а также в пределах областей относительного прогибания (центральная часть ЦКД, восточный склон Срединного Хребта и т.д.). В областях интенсивного вулканизма, особенно ареального типа (Толбачинский, Толмачев и Седанкинский доли, районы вулканов Бакенинг и Вилючинский), эти периоды характеризуются исключительно высокой эруптивной активностью. Особенно резким и интенсивным было начало позднеголоценового этапа: в диапазоне 2900 - 2800 <sup>14</sup>С л.н. произошло поднятие обширной территории от Южной Камчатки (р. Саван) до центральных районов ЦКД и западных отрогов Срединного Хребта (р-н Двухюрточного озера); в это же время извергались шлаковые конуса в северной части ЦКД, на Толбачинском и Седанкинском долу, произошло мощное извержение влк. Заварицкого на р. Левая Авача, были активны вулканы Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Кизимен, Крашенинникова, Карымский, Авачинский, Горелый, Ксудач. Столь высокая эндогенная активность на протяжении очень короткого временного промежутка (около 100 лет) возможно свидетельствует о необходимости выделения еще одного века катастроф на Камчатке 2900 - 2800 <sup>14</sup>С л.н.

## ПРОСТРАНСТВЕННО ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПРИ ТТИ 50-ЛЕТ ИВИС

Дрознин В.А.<sup>1</sup>, Дрознина С.Я.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [dva@kscnet.ru](mailto:dva@kscnet.ru)

<sup>2</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН

По данным Лаборатории исследований сейсмической и вулканической активности КФ ГС РАН извержение началось 27.11.2012 5:15:00 UTC.

Демонстрируется, что пространственно временное распределение эпицентров землетрясений в районе вулкана Плоский Толбачик с 1.08.2012 по 28.02.2013 может быть описано в виде 4-х, практически не перекрывающихся, областей: 1-основная, 2-конусная, 3-южная, 4-северная. Для этого в периоде наблюдений выделен интервал времени за 27.11.2012 с 7:24 по 8:24 UTC. Эпицентры землетрясений до этого интервала располагаются в первой области, в течение интервала - во второй, а после интервала в третьей и четвертой. Первая и вторая области вытянуты на СЗ, как и направление вулканического хребта вулкана Толбачик (Леонов В.Л., 2005); третья и четвертая расположены параллельно направлению ареальной зоны. Отмечается, что в третьей и четвертой областях близ поверхностные землетрясения расположены на периферии областей.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НОВОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ (50 ЛЕТ ИВИС), ОСНОВАННАЯ НА ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ.

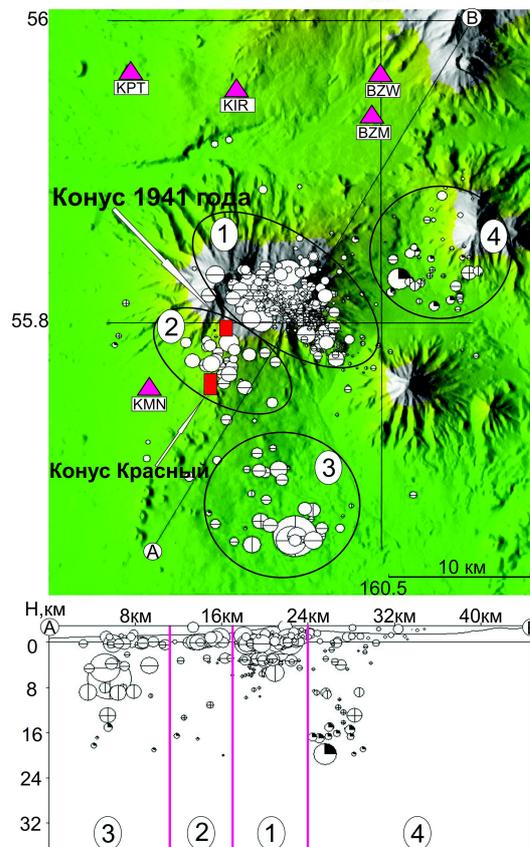
Ермаков В.А.<sup>1</sup>, Гонтовая Л. И.<sup>2</sup>, Сеньюков С.Л.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт физики Земли РАН, Москва

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

<sup>3</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН

Рассматривается комплекс геолого-геофизических данных для районов ареального вулканизма Ю-ЮЗ сектора вулкана Плоский Толбачик. Основой предлагаемой модели является представление о глубинном разломе (ГРз), пересекающем вулкан Пл. Толбачик и аналогичной структуре более раннего заложения, протягивающейся и через вулкан Д. Плоский. ГРз в обоих случаях наклонен к юго-востоку под углом  $\approx 65-75^\circ$ ; выход разлома на поверхность фиксируется гребнями ареальных вулканических образований. Эта особенность в районе извержений 1975-76гг и современного предопределяет проявление мелкофокусной сейсмичности преимущественно с В и ЮВ стороны от ГРз. Сейсмичность текущего извержения особенно хорошо фиксирует наклон разлома и вулканического канала под терминальным кратером Пл. Толбачика. Особенность извержения 50 лет ИВиС заключается в его высоком гипсометрическом положении, что указывает на совместное действие при его образовании различных



Сейсмичность в районе вулкана Плоский Толбачик в период 01.08.12 – 28.02.13.

тектонических (деформационных) факторов: линейной трещиноватости, продуцируемой ГРз и «структурного веера», сформированного под давлением магматического очага под Пл.Толбачиком. Глубина этого очага определяется высотой лавовых изливов веерных шлаковых конусов примерно на 1,8-1,9 км над у.м. Более глубокий очаг определен по сейсмическим данным на глубинах 3-6 км. Этот очаг – основной накопитель магмы, в то время как верхний скорее транзитный, интрузивное давление в нем возникает эпизодически при общей активизации тектономагматического процесса. Более глубокий источник магмы в районе ареальных зон по данным сейсмической томографии определяется на 10 – 14 км по отрицательным аномалиям скорости  $V_p$  и высоким отношениям  $V_p/V_s$ ; апикальная часть этой аномалии соответствует Пл.Толбачику, а более глубокая – СВ ветви его ареальной зоны. Названные глубины приблизительно соответствуют границе между кристаллическим фундаментом с  $V_p=6,2$ км/с и складчатым комплексом. Возможно, что как раз на этом уровне формируется петрохимический облик ареальных вулканитов с их повышенной калиевостью. Афировый облик изливающихся базальтов в начале текущего извержения определяется локальным плавлением первичного мегаплагифирового расплава при растворении в нем дополнительных количеств воды; этот процесс понижает ликвидус-солидусные температуры для порфировых выделений в магме и делает ее перегретой, хотя общая температура не меняется. Аналогии подобных сочетаний афировых и мегаплагифировых лав нередки как в районах ареального вулканизма, так и в более древних участках Хапиченского плато и дола р.Студеной. Образование афировых андезитобазальтов нового извержения скорее всего происходило в верхнем периферическом очаге Пл. Толбачика. С этим можно связать смену афировых лав на порфировые в ходе извержения. Изложенная модель позволяет поставить ряд задач, связанных с изучением и прогнозированием текущего извержения.

## МЕЛ-ПАЛЕОЦЕНОВЫЕ АНДЕЗИТЫ П-ОВА ШИПУНСКИЙ

Захаров Д.О.<sup>1</sup>, Соловьев А.В.<sup>1</sup>, Цуканов Н.В.<sup>2</sup>, Савельев Д.П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Геологический институт РАН,

<sup>2</sup> Институт океанологии РАН,

<sup>3</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Проблема определения возраста вулканогенных толщ является актуальной для понимания эволюции и развития магматических комплексов, участвующих в строении тектоно-стратиграфических террейнов в аккреционном обрамлении Тихого океана. Нами были изучены вулканиты, слагающие мощный поток (30 м) с мелкоглыбовой отдельностью из вулканогенной шипунской толщи, в южной части Шипунского п-ова, возраст, которой до настоящего времени не ясен. Изученные образцы представлены роговообманковыми андезитами. Они обладают характерной для средних эффузивных пород порфировой, не редко гломеропорфировой, структурой, с большим содержанием вкрапленников. Минералы-вкрапленники представлены плагиоклазом и зеленой роговой обманкой. Основная масса породы состоит из вытянутых мелких кристаллов плагиоклаза, рудного минерала и вулканического стекла. Среди вкрапленников наиболее распространены зональные кристаллы среднего плагиоклаза  $An_{45-56}$  размером 0.3-3мм, которые образуют как самостоятельные выделения, так и крупные гломеропорфировые сростки. Более кислые каймы плагиоклаза варьируют по составу от  $An_{28}$  до  $An_{40}$ . Обыкновенная роговая обманка, составляющая 30 % вкрапленников породы, образует вытянутые желто-зеленые кристаллы размером до 3,5 мм, которые образуют одиночные выделения и редко встречается в виде крупных гломеропорфировых сростков с рудным минералом, апатитом, плагиоклазом. Магнезиальность  $Nb$   $100Mg:(Mg+Fe^{2+}+Fe^{3+}+Mn)$ , оцененная приблизительно по значению

угла оптических осей ( $2V = -70^\circ$ ), равна 50%. Плеохроизм - ||Ng-зеленый, ||Nr-желтый. Наиболее характерной особенностью Нб является наличие опалитовой каймы. Менее распространенные в породе вкрапленники рудного минерала образуют полигональные, реже неправильной формы кристаллы. Распространенным акцессорным минералом в исследуемых породах является апатит, образующий вытянутые, призматические, нередко с округлыми ребрами, кристаллы. Выделения апатита встречаются с рудным минералом и крупными разложенными кристаллами роговой обманки. Изредка, в породе можно встретить единичные кристаллы циркона. Особенно стоит отметить включения кварца, встреченные в образце породы 10SH-1. Обособления имеют неоднородное внутреннее строение и состоят из нескольких кристаллов, обладающих мозаичным угасанием. Основная масса породы имеет интерсервальную структуру и содержит примерно 15-25% вулканического стекла, располагающегося между микролитовыми выделениями плагиоклаза. Вкрапленники плагиоклаза содержат обильное количество расплавных включений. Области расплавления внутренних частей плагиоклаза являются следствием неравновесия плагиоклаза и расплава после погружения вкрапленников в более высокотемпературную зону магматической камеры. По этим амфиболовым андезитам было проведено определение абсолютного возраста. Амфибол выделен из образцов по стандартной методике в лаборатории минералогического и трекового анализа ГИН РАН и датирован К-Аг методом в лаборатории геохимии изотопов и геохронологии ГИН РАН. Полученные возрасты  $76.5 \pm 6.5$  и  $61.9 \pm 4.5$  млн. лет соответствуют кампану ( $K_2$  km) и палеоцену ( $P_1$ ).

По химическому составу изученные породы попадают в поле умеренно калиевой известково-щелочной серии, и имеют типичные для известково-щелочной серии пород распределения редких и редкоземельных элементов. Они имеют распределение РЗЭ сходное с магматическими породами мыса Налычева и с кварцевыми диоритами Шипунского массива.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 13-05-00485 А.

## ОПОРНАЯ ШКАЛА ПАЛЕОВЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА КАМЧАТКЕ В ДИАПАЗОНЕ 33-55 Т.Л.Н. И ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МАГНИТОСТРАТИГРАФИИ

А.Г. Зубов, В.В. Кочегура

Покровные супеси, которые составляют верхнюю часть осадочных отложений Центральной Камчатской депрессии, оказались очень удобным объектом для детального изучения палеовекровых вариаций (ПВВ) магнитного поля Земли (МПЗ). Высокая скорость и неплохая равномерность, преимущественный эоловый характер накопления, тонкая гранулометрия, хорошая сохранность материала отложений, наличие маркирующих горизонтов и радиоуглеродных датировок — всё это преимущества перед другими используемыми для изучения ПВВ объектами. А главное, что их возраст охватывает такой диапазон времени, в котором ледниками уничтожено множество других осадочных образований. На Камчатке в основном сохранились только голоценовые почвенно-пирокластические чехлы.

Мощность покровных супесей в месте отбора в яре Половинка ( $158,98^\circ$  в.д. и  $54,91^\circ$  с.ш.) на правом берегу р. Камчатка составила 50 метров. Имеются 3 привязанные к разрезу радиоуглеродные датировки:  $35,4 \pm 1,5$ ;  $38,0 \pm 1,1$  и  $54,8 \pm 1,4$  т.л.н. Всего было отобрано 457 ориентированных образцов по одному через каждые 10 см по высоте. Образцы прошли температурно-временную чистку. Кривые ПВВ сглажены 7-точечным скользящим осреднением для избавления от высокочастотных вариаций и случайного шума.

Минералогических исследований носителей естественной остаточной намагниченности не

проводилось. Замечено, что тефра, выпавшие при извержениях вулканов, существенно отличаются от золотых и аллювиальных отложений по своим магнитным свойствам. Это может быть полезным при диагностике сомнительных горизонтов.

Была проведена попытка сравнения полученных стереограмм ПВВ со стереограммами ПВВ, полученными по эффузивам и туфам со склонов кальдеры Мутновского вулкана Аверьяновым и Мельниковым. Хотя авторами приводится оценка возраста постройки вулкана в диапазоне 10-26 т.л.н., что не пересекается с временным диапазоном покровных супесей яра Половинка, всё же обнаружилось топологическое сходство двух последовательных петель ПВВ у этих двух объектов. В обоих случаях сначала образуется петля, вытянутая в правую сторону, затем в левую. Все эти петли имеют обход против часовой стрелки. Возможно, что этот набор совпадений случаен. Но если предположить корреляцию реальной, то, используя аппроксимацию возрастных реперов в разрезе Половинка при равномерном накоплении отложений, возраст сходных петель ПВВ из постройки Мутновского вулкана составил бы 47-51 т.л.н.

Более детальное сходство обнаружилось между ПВВ из разреза Половинка и ПВВ синхронного разреза Каргополово в Сибири (82,15° в.д. и 53,75° с.ш.), где был выявлен известный экскурс МПЗ. Сравнение результатов оказалось удачным благодаря нахождению разрезов на близких широтах. Сходство выявляется на участке 34-37 т.л.н. как на временных кривых склонения и наклонения, так и на стереограммах. Корреляция позволяет перенести временные реперы разреза Каргополово на не имеющий датировок верхний участок разреза Половинка. Отсутствие соответствующего глобального экскурса МПЗ в разрезе Половинка свидетельствует скорее всего о наличии пропуска из-за размыва или раздува некоторых горизонтов отложений. По другой версии экскурс мог попасть на мощный почвенный горизонт и не выявлен из-за наличия химической намагниченности. Важность подтверждения экскурса достаточно велика, чтобы провести дополнительные исследования этого обнажения, а также соседних.

Такая межрегиональная корреляция хорошо вписывается в картину однонаправленного широтного дрейфа отдельных источников магнитного поля. Проведена попытка определения основного периода дрейфа этих источников по схожести колебаний на полученных кривых склонения и наклонения. Период оказался  $T = 2,7 \pm 0,5$  т.л., а скорость дрейфа  $0,13 \pm 0,03$  °/год. Эти оценки близки современным.

## РОЛЬ НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКИХ ГИДРОСАЛЬФАТАР В ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД РУЧЬЯ ГРЕМУЧЕГО (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА).

**Калачева Е.Г.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

На внешнем склоне массива вулкана Кошелевский, на высоте 750 м находится Нижне-Кошелевская термоаномалия, в пределах которой сосредоточены выходы парогидротерм. По общему ионному составу термальные воды относятся к кислым или слабокислым (рН 3 -5.8) сульфатным, реже гидрокарбонатно-сульфатным аммониевым или кальциево (натриево)-аммониевым водам с повышенным содержанием кремнекислоты (95-175 мг/л) и температурой 68-98°C. Общая минерализация воды редко превышает 1 г/л (только в грязевых котлах), и в среднем составляет 0.6-0.8 г/л. Ручей Гремучий, берущий начало из-под снежников на восточной границе Нижне-Кошелевской термоаномалии, дренирует термальные участки. Расход ручья выше основной разгрузки парогидротерм в летнюю межень составляет 45-50 л/с, а на выходе из термоаномалии 65-70 л/с (измерения 2005-2009 гг). Основываясь на детальном изучении геохимических особенностей вод ручья Гремучего, определена степень влияния парогидротерм на изменение его макро- и микрокомпонентного

состава. Следствием данного воздействия стало изменение гидрохимического типа речных вод с гидрокарбонатного кальциевого на сульфатный аммониевый и значительное повышение температуры (до 85°C). Изменение физико-химических параметров отразилось на формах миграции металлов в воде. Оцененный общий вынос минерального вещества с речными водами составляет более 1000 кг в сутки.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД ЗОНЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ХРЕБТА ВЕРНАДСКОГО (О. ПАРАМУШИР, КУРИЛЫ).

**Калачева Е.Г.<sup>1</sup>, Королева Г.П.<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Институт геохимии им. Вернадского СО РАН, г.Иркутск*

Наличие проявлений четвертичного вулканизма, мощная гидротермальная деятельность в настоящее время и на прошлых этапах становления хребта Вернадского, приведшая к формированию обширных полей гидротермально измененных пород, наложили отпечаток на гидрохимию основных водотоков района. Исследования проводились в бассейнах рек Наседкина, Птичь, Северянка и Левашова, дренирующих восточный склон хребта. В результате обработки геохимических данных методом Многомерного поля выявлены участки, характеризующиеся определенными ассоциациями макро и микроэлементов. Различную катионную нагрузку несут воды северной (бассейны р.Птичьей и р.Наседкиной) и южной (бассейны р.Северянки и р.Левашовой) частей исследуемой площади. Более контрастная область приурочена к выходам подземных вод в бассейнах р.Наседкиной и р.Птичьей. Для нее характерными являются элементы  $Al(5-11)Fe(1.7-6)B(3.5-5.5)MgKNaCa(2-3.8)$ . Разгрузки подземных вод сопровождаются выпадением гидроокислов железа и появлением белого и красного налетов в руслах рек ниже по течению. Подобный класс вод наблюдается и в верховьях р. Северянки, где также расположены выходы подземных вод с большим содержанием Al и Fe. Обрамление этой аномалии и большая часть площади бассейнов р. Северянки и р.Левашовой представлены водами невысокой контрастности по тем же катионам. В верховьях р.Птичь и р.Левашова выявлены аномалии Fe и Ca с максимальными коэффициентами контрастности 28 и 13.4, соответственно. Распределение микроэлементов в природных водах более контрастно. В бассейнах р.Птичь и р.Наседкина выявлены аномалии Ti(14) Cu(11) Mn,Cr(10) Sr(9) V(8) Zn(7) Sc(6), а в бассейнах р.Северянки и р.Левашовой - аномалии Co (2-10), Cu(2-6), Ni(2-3.5), Zn, Mn(2). Донные осадки в руслах рек имеют простой минералогический состав с низкими содержаниями микроэлементов. Исключение составляет участок разгрузки подземных вод в среднем течении одного из истоков р. Птичь. Аномалия золота высокой контрастности здесь формируется на геохимическом барьере разгрузки подземных более минерализованных вод. На основании ранее проведенных исследований на других объектах можно предположить, что золото из раствора сорбируется гидроокислами железа, осадок которого формируется у выхода подземных вод. К сожалению, при анализе вод на JSP-MS золото в воде обнаружено не было, вероятнее всего, в связи с низкими его содержаниями.

## СОСТОЯНИЕ ВУЛКАНА КУНТОМИНТАР ( О. ШИАШКОТАН, КУРИЛЬСКИЕ О-ВА) В 2011 Г.

**Котенко Т.А., Калачева Е.Г., Котенко Л.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [kotenko@sakhalin.ru](mailto:kotenko@sakhalin.ru)*

Вулканический массив Кунтоминтар занимает п-ов Никонова на о. Шиащкотан, извержения в исторический период не зафиксированы. Эруптивная история прослеживается от кальдерообразующих извержений плейстоценового возраста до выжимания экструзивных куполов и посткальдерных эксплозивных извержений конусов в голоцене. Сообщается о фумарольной активности вулкана Кунтоминтар. Данные получены во время полевых работ в июне-июле 2011 г. Приводятся сведения о температурном режиме, составе фумарольных газов, тепловой мощности фумарол центрального кратера. Установлена фумарольная деятельность в северо-восточном кратере вулкана, о которой ранее не было известно. Рассмотрены равновесные температуры и редокс-отношения фумарольных газов. Полученные данные: высокая температура газов на поверхности (480°C), ряд повышенных прогностических отношений  $-S/Cl$ ,  $S/C$ ,  $CO_2/H_2$  - предикторов извержений для андезитовых вулканов, появление нового участка термальной разгрузки и увеличение общего теплового потока более чем в три раза, – позволяют предположить, что вулкан находится в стадии активизации фумарольной деятельности.

Работа выполнена при поддержке грантов ДВО РАН 09-III-A-08-423, 11-III-D-08-044.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛЕДНИКОВЫХ ВОД АВАЧИНСКОЙ ГРУППЫ ВУЛКАНОВ (КАМЧАТКА)

**Кузьмина А.А., Маневич Т.М., Самойленко С.Б.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, e-mail: [lav217@kscnet.ru](mailto:lav217@kscnet.ru)*

В работе приводятся результаты химического анализа воды из ручьёв, вытекающих из ледников Авачинской группы вулканов. Показано, что ледниковые воды относятся к ультрапресным водам с минерализацией в диапазоне 6 – 50 мг/л. Доминирующие ионы: кальций и сульфат.

Кроме того, было исследовано изменение минерализации и химического состава ледниковых вод Корякского вулкана в течение трёх лет после извержения 2008 – 2009 гг.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ БРЮНА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ СРЕДЫ ПО ЗАПИСЯМ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ

**Лемзиков В.К.<sup>1</sup>, Лемзиков М.В.<sup>1</sup>, Гарбузова В.Т.<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> *Камчатский филиал Геофизической службы РАН*

Оценки параметров среды в вулканических средах являются одной из важнейших задач, результаты которых актуальны для определения уровня активности вулканов и прогноза извержений. В работе выполнена оценка поглощения энергии сейсмических волн вулканических землетрясений в поверхностных слоях вулкана Ключевской.

Рассматривались вулканические землетрясения вулкана Ключевской за период 2000-2004 гг. состоящие из 114-ти землетрясений, расположенные в постройке вулкана. Выбранные для

исследования вулканические землетрясения относятся ко 2-му или 3-му типу по классификации Токарева. Исходными данными являются цифровые записи радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС) расположенными на постройке и вблизи вулкана Ключевской. Использовались записи семи (РТСС) (Логинов-«LGN», Цирк- «CIR», Крестовский – «KRS», Зеленая – «ZLN», Каменистая – «KMN», Корято – «KPT» и Ключи - «KLY»). Станции Логинов-«LGN», Крестовский – «KRS» и Логинов-«LGN» расположены на постройке вулкана, а станции Зеленая – «ZLN», Каменистая – «KMN», Корято – «KPT» и Ключи - «KLY» вблизи вулкана.

В работе использованы вулканические землетрясения, у которых можно было выделить вступление поперечных и продольных волн. Исследовались спектры  $S$ -волн вулканических землетрясений вулкана Ключевской по цифровым записям всех перечисленных станций. Длительность участка, используемого для спектрального анализа, не превышала 4 сек. Каждый участок перед спектральным анализом подвергался стандартным процедурам: удаление нулевого и временного тренда, косинусной коррекцией концов анализируемого интервала записи сигнала. Экспериментальные участки спектров  $S$ -волн вулканических землетрясений для упрощения моделирования сглаживались кубическим сплайном в диапазоне частот 0,5-18 Гц и сглаженный спектр определялся по точкам 1,2,3,4,6,8,10,12 Гц.

Метод, используемый в работе, позволяет оценивать параметры поглощения сейсмических волн на пути пробега и под станциями. Согласно методу, используемому в работе, экспериментальные спектры сравнивались с модельными спектрами. С помощью инверсии и сравнения экспериментальных спектров с модельными спектрами можно подобрать неизвестные коэффициенты поглощения сейсмических волн. В первой подинверсии определялась угловая частота  $f_c$  очагового спектра по записям всех станций с использованием всего диапазона анализируемых частот. Во второй подинверсии, которая обязательно выполняется после первой, уже при определенных значениях угловой частоты  $f_c$  определялись последовательно оценки станционной поправки ( $t^*$ ) и добротности  $Q$  с использованием данных только одной станции.

В результате самые низкие оценки добротности  $Q$  были получены для станции Логинов-«LGN». Для других станций: Цирк- «CIR»; Крестовский – «KRS» и Зеленая – «ZLN» получена примерно одинаковая зависимости оценок добротности  $Q$  от частоты. Значения станционных поправок ( $t^*$ ) на всех частотах больше на тех станциях, которые ближе к эпицентральной зоне вулкана Ключевской.

Таким образом, предложен способ, который позволяет оценить поглощающие свойства среды с использованием вулканических землетрясений вулкана Ключевской. Результаты полезны для оценки напряженно-деформированного состояния среды вулканической постройки вулкана Ключевской.

## ПОГЛОЩЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ВУЛКАНА КИЗИМЕН (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

Лемзиков В.К.<sup>1</sup>, Шакирова А.А.<sup>2</sup>, Лемзиков М.В.<sup>1</sup>, Гарбузова В.Т.<sup>2</sup>, Ящук В.В.<sup>2</sup>, Дрознин Д.В.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН

Для оценки параметров поглощения сейсмических волн в поверхностных слоях вулканической среды вулкана Кизимен использованы вулканические землетрясения. Для этих землетрясений проводился одновременный подбор параметров очаговых спектров и среды распространения сейсмических волн. Предложенный метод позволяет оценивать параметры поглощения сейсмических волн по их пути пробега и под станциями. Обработывались слабые вулканические землетрясения энергетического класса  $5.5 >K> 6.5$ , поэтому использованы записи станций, которые расположены на удалении не более 20 км от вулкана Кизимен. Станции KZV и TUMD были установлены вблизи этого вулкана соответственно в 2010 и 2011 гг., и только станция TUM была установлена ранее. Поэтому проанализированы результаты только за 2011 и 2012 гг., а результаты за 2010 г. рассматриваются как дополнительные данные. Получено увеличение коэффициента, характеризующего станционную поправку, под ближайшими к вулкану Кизимен сейсмическими станциями в период увеличения его вулканической активности в январе-марте 2012, по сравнению с 2011 годом. Результаты важны для оценок напряженно-деформированного состояния среды вулканической постройки вулкана Кизимен и оценки уровня его вулканической активности.

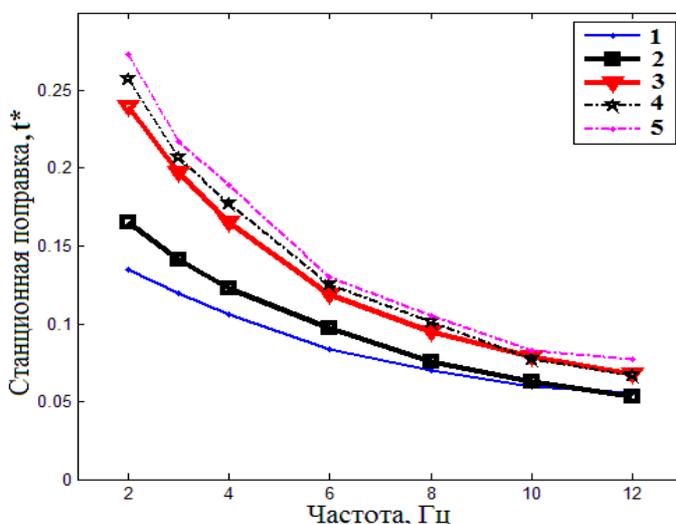


График спектральных станционных поправок для станции KZV за 2010, 2011 и три периода 2012 года. 1 – данные за 2010; 2 – то же за 2011; 3 – то же за 2012 (1-4); 4 – то же за 2012 (5-8); 5 – то же за 2012 (9-12).

Расчет статистической значимости различий средних значений станционных поправок  $t^*$  на приведенном графике по данным за 2011 и первых 4-х месяцев 2012 г. на частоте 6 Гц при уровне значимости  $\alpha=0.01$  показал, что они не равны.

Таким образом, предложенный способ позволяет оценить поглощающие свойства среды с использованием вулканических землетрясений. Получено увеличение поглощающих свойств среды вулканической зоны вулкана Кизимен в период увеличения его вулканической активности вулкана в январе-марте 2012 года.

## РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СОВРЕМЕННОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КАЛЬДЕРЫ АКАДЕМИИ НАУК (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

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

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

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Приводятся данные по содержанию РЗЭ (нормированные к хондритам) и их особенностей в современной вулканогенной гидротермальной системе Восточной Камчатки - кальдере Академии Наук. Близкие химические свойства РЗЭ позволяют, с одной стороны интерпретировать источники вещества, а с другой – указывают на физико-химические характеристики идущих процессов. Содержания РЗЭ не контролируются растворимостью их солей, а определяются способностью РЗЭ к комплексообразованию. В гидротермальных растворах основную роль играют  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  ионы, а в озерных, речных и океанских водах РЗЭ образуют в основном комплексные соединения с  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  и  $\text{HCO}_3^-$  ионами [Дубинин, 2008]. Более высокими содержаниями всех РЗЭ в кальдере отличаются грязевые котлы в районе расположения ист. Академии Наук. В застойных условиях грязевых котлов, при постоянном притоке  $\text{H}_2\text{S}$  с газовой фазой, формируются кислые сульфатные растворы, активно перерождающие боковые породы и выщелачивающие из них как макро, так и микроэлементы. В таких котлах отмечается существенное увеличение общей минерализации растворов, главным образом за счет увеличения содержания  $\text{Cl}^-$ -ионов,  $\text{SO}_4^{2-}$  и катионов – Al, Fe, Ca, Na. При этом, в раствор из боковых пород переходят и РЗЭ (т.е. сказывается литофильная природа РЗЭ). Механизмом, обуславливающим повышение общей минерализации таких растворов (в первую очередь за счет повышения содержания  $\text{Cl}^-$ -ионов), по аналогии с флюидами подводно-океанских термальных полей [Бортников и др., 2010], мы принимаем фазовую сепарацию. Обращено внимание на повышенное содержание РЗЭ в новообразованных Пийповских источниках Cl-SO<sub>4</sub>-Na состава и водной толще оз. Карымского, расположенного в данной кальдере. Для всех растворов кальдеры характерны повышенные содержания легких РЗЭ и четко выраженная отрицательная Eu аномалия, что отличает их от субмаринных гидротерм рифтовых зон океанов с Eu максимумом. Исключение составляет лишь повышенное значение Eu на глубине 20 м в кратере Токарева, что предположительно связано со сменой валентности Eu. Для экструзий андезитов и дацитов вулканической постройки Академии Наук [Гриб и др., 2009] и для изверженных пород нового эруптивного центра – кратера Токарева в кальдере Академии Наук [Иванов, 2008] наблюдаются повышенные содержания РЗЭ и четко выраженный Eu минимум. То же наблюдается и во взятых для сравнения измененных породах в молодых дацитах кальдеры Узон [Ерощев-Шак и др., 1998; Гриб и др., 2003]. По всей видимости, существует генетическая связь современных вулканогенных гидротерм кальдеры, выносящих значительные массы РЗЭ, с магматическим очагом кислого и возможно среднего составов.

## PETRASIM – ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

**Поляков А.Ю., Кирюхин А.В.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

При помощи программы PetraSim V.5.0 – являющейся графическим интерфейсом для программы TOUGH2 (многоцелевой программы для моделирования многофазной многокомпонентной неизотермической фильтрации в трещинно-пористой среде),

осуществлена графическая визуализация процессов теплопереноса протекающих при проведении лабораторного эксперимента по определению теплофизических свойств горных пород.

## СУПЕРКАЛЬДЕРА КАРЫМШИНА (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА): ГИС И 3D ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОДАНЫХ.

**Рогозин А.Н., Леонова Т.В., Леонов В.Л.**

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Создана геоинформационная система (ГИС) «Суперкальдера Карымшина», которая предназначена для сбора, систематизации, хранения и дальнейшей обработки геоданных, полученных нами за последние 9 лет полевых исследований в районе новой структуры. Визуализация представленных в ГИС геоданных позволит в дальнейшем построить современную геологическую карту для кальдеры.

На текущий момент ГИС содержит как пространственные данные (точки маршрутов и места отбора образцов; разломы различного генезиса; докальдерные и посткальдерные вулканы, потоки и экструзии), так и атрибутивные данные (таблицы химического состава пород района, собранных за 9 лет исследований; данные о наличии шлифов для отобранных образцов). Топографическая основа ГИС, масштаба 1:50000 и общей площадью 1258 км<sup>2</sup>, с привязкой в нужной системе координат была подготовлена в лицензионном ПО EasyTrace 8.7.

Для визуализации геоданных ГИС «Суперкальдера Карымшина» также использовалось современное открытое ПО (виртуальный глобус Google Earth) позволившее получить более наглядную 3D-карту, а также применить web-технологии для объединения на основе этого сервиса разнородной информации текстового и графического характера.

Создание данной ГИС ведется в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВиС ДВО РАН) сотрудниками лаборатории геологии геотермальных полей и Информационно-вычислительного центра (ИВЦ). Работа выполняется в рамках проектов, поддержанных Президиумом ДВО РАН: № 12-III-A-08-171 (научный руководитель В.Л. Леонов), № 11-III-B-08-203, № 12-III-B-08-174 и №13-III-B-08-025 (научный руководитель А. Н. Рогозин).

## МОРФОДИНАМИКА КРАТЕРА ТРОИЦКОГО ЗА ПОСЛЕДНИЕ 70 ЛЕТ

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

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Авторами на основе картографических и фототопографических материалов исследована морфодинамика вулкана Малый Семейчик с 40-х гг. XX в. и по настоящее время. Работа является попыткой целостного исследования самого близкого к нам по времени цикла деятельности данного вулкана. Актуальность такого исследования обусловлена фрагментарностью работ по данной тематике и имеющимся в них неточностями и противоречиями. Определены условия и примерное время возникновения термального озера, произведён анализ изменений надводной кратерной чаши и колебаний уровня воды в озере. На основе фактических данных воссоздаётся история происхождения и развития крупнейшего кратерного озера Камчатки.

## ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ КАМЧАТСКОЙ И АЛЕУТСКОЙ ОСТРОВНЫХ ДУГ.

**Сидоров М.Д.<sup>1</sup>, Новаков Р.М.<sup>1</sup>, Таскин В.В.<sup>1</sup>, Савельев Д. П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

Одним из ключевых районов для понимания глубинного строения Камчатского региона является зона сочленения Камчатской и Алеутской островных дуг. Территория включает в себя один из наиболее активных действующих вулканов (Шивелуч), а также области со сложным геологическим строением – северную часть хр. Кумроч и п-ов Камчатский Мыс. В районе выполнен значительный объем геологических и геофизических исследований. Вместе с тем, редкая сеть сейсмических наблюдений, отсутствие сейсмической информации о глубинных границах земной коры не позволяют проследить главные внутрикоровые структурные поверхности по всей территории.

В настоящее время нами выполняется работа по созданию трехмерной модели глубинного строения зоны сочленения Камчатской и Алеутской островных дуг. Имеющиеся геолого-геофизические данные преобразованы в виртуальные трехмерные объекты и пространственно совмещены в виде блок-диаграммы с использованием лицензированных программных комплексов ArcGIS и Oasis Montage.

Построенная блок-диаграмма по своему содержанию в настоящий момент соответствует карте фактического материала в трехмерном варианте. В качестве геологической основы принята Карта полезных ископаемых Камчатской области масштаба 1:500000 и материалы ГИС-атласов, дополненные данными геологических съемок масштаба 1:200000. Положение активных разрывных нарушений корректируется с учетом размещения гипоцентров землетрясений, приведенных в каталоге КФГС РАН. Поверхности подошвы коры (Мохо), границы раздела верхней и нижней коры, а также кровли консолидированной коры построены по результатам плотностного моделирования [Сляднев и др., 2012] с использованием материалов по трем региональным профилям МОВЗ-МТЗ [Мишин и др., 2001; Попруженко и др., 2004] с учетом данных по акватории [Попов и др., 2009]. В работе используются материалы более чем 20 публикаций, а также результаты региональных геофизических исследований и анализа морфологии рельефа.

В ходе дальнейших редакционно-увязочных работ будут выделены плоскости сместителей разрывных нарушений и трехмерные блоки, объединяющие участки земной коры с общими чертами строения. По отдельным блокам в атрибутивных таблицах будут приведены их геолого-геофизические характеристики и предполагаемый состав. Разрывные нарушения планируется классифицировать и ранжировать по уровню и степени достоверности. В итоге, глубинное строение будет представлено в виде ГИС-системы, представляющей собой набор последовательных цифровых карт-срезов для разных глубин в интервале от 1 до 40 км с географической привязкой и необходимой атрибутивной информацией. Предполагается размещение данной ГИС на сервере НИГТЦ ДВО РАН с общим доступом.

Исследования поддержаны грантом ДВО РАН (проект 12-III-A-08-043).

## ВРЕМЕННАЯ СЕТЬ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В РАЙОНЕ НОВОГО ТРЕЩИННОГО ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ

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

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

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

В начале января 2013 г. в южной части Ключевской группы вулканов была развернута временная сеть из семи автономных сейсмических станций. Расстановка ориентирована на усиление региональной системы сейсмологических наблюдений в районе нового трещинного Толбачинского извержения 2012-2013 гг. и Ключевской группы вулканов в целом.

Временная сеть состоит из широкополосных трехкомпонентных сейсмометров GURALP CMG-6TD (частотный диапазон 0.03-100 Гц), сочетающих функции датчика и цифрового регистратора, и обеспечивающих достаточный срок автономной регистрации (не менее пяти месяцев непрерывной работы при частоте оцифровки 100 отсчетов в секунду).

В докладе представлены станции временной сети и приведены расчетные уровни надежной регистрации для различных вариантов ее конфигурации.

Показаны первые полученные образцы широкополосных сейсмических записей и их спектры, обсуждаются особенности сейсмических сигналов из района продолжающегося Толбачинского извержения.

Организация дополнительных сейсмологических наблюдений за районом извержения осуществлена при финансовой поддержке Президиума РАН.

## СЕТЬ НАКЛОНОМЕРНЫХ СТАНЦИЙ. РЕГИСТРАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОБУСЛОВЛЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ КАМЧАТСКОГО РЕГИОНА.

**Сероветников С.С.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, e-mail: ([sssu@emsd.ru](mailto:sssu@emsd.ru)).*

Сеть наклономерных станций организованная в 2010 году, представляет собой 2 группы станций. Первая группа станций в районе г. Петропавловск-Камчатский ориентирована на регистрацию деформаций вызванных региональной сейсмической активностью. Вторая группа станций в районе вулкана Ключевская сопка ориентирована на регистрацию деформационных процессов вызванных вулканической активностью в районе Ключевской группы вулканов. Входящая во вторую группу станция KLYT (с/с Ключи) так же активно используется при оценке деформаций вызванных региональной сейсмической активностью.

В докладе приведены данные о структуре сети, системе передачи и обработки данных, результаты оценок поверхностных проявлений деформационных процессов обусловленных региональной сейсмической и вулканической активностью.