



Вулканизм и связанные с ним процессы

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

(к 50-летию ИВиС ДВО РАН)

Тезисы докладов

Петропавловск-Камчатский
29 – 30 марта 2012 г.

Оглавление

Секция I

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

ПОДВОДНЫЙ ВУЛКАН МАКАРОВА (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА) Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С. В и др.....	8
ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВОВ НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ Волынец А. О., Woerner G., Kronz A., Пономарев Г.П.....	9
ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2010-2012 ГГ. ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ГРУППЫ KVERT Гирина О.А., Нуждаев А.А., Маневич А.Г., Ушаков С.В.....	10
ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ В 2012 Г. ПО ДАННЫМ KVERT Гирина О.А., Демянчук Ю.В.....	11
ОЦЕНКА МАССОВОГО РАСХОДА В ПАРОВЫХ ШЛЕЙФАХ ВУЛКАНОВ. Дрознин В.А.....	12
ОБЗОР ПРЕДВЕСТНИКОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВЕРШИННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ БАЗАЛЬТОВЫХ И АНДЕЗИБАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНОВ) Иванов В.В.....	13
ВУЛКАНИЧЕСКОЕ ДРОЖАНИЕ, ПРЕДВАРЯЮЩЕЕ ВЕРШИННЫЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА (КАМЧАТКА) Иванов В.В.	15
ТЕРМОАНОМАЛИИ В КРАТЕРЕ ВУЛКАНА СТАРЫЙ КИХПИНЫЧ И НА КОНУСЕ САВИЧА (РЕЗУЛЬТАТЫ ДАННЫХ ИК-СЪЕМКИ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА 30 ЛЕТ, 1980-2010 ГГ.) Карданова О.Ф., Дубровская И.К.....	17
САМОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИНТЕРМЕТАЛЛИДЫ В ПЕПЛАХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ И ИСЛАНДИИ Карпов Г.А., Аникин Л.П., Николаева А.Г.....	18
НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВУЛКАНИЗМЕ, ПРЕДВАРЯВШЕМ СУПЕРИЗВЕРЖЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ КАЛЬДЕРЫ КАРЫМШИНА (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА) Леонов В.Л., Биндеман И.Н., Рогозин А.Н.....	19
АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ В 2011 Г. Маневич А.Г., Гирина О.А., Мельников Д.В. и др.....	20
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО АНАЛИЗА ДИОКСИДА СЕРЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ Мельников Д.В., Ушаков С.В., Муравьев Я.Д.....	21

ПРОГНОЗ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ 8 МАРТА 2012 ГОДА ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ Сенюков С.Л., Дрознина С.Я., Кожевникова Т.Ю., и др.....	22
ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ НА ОСНОВЕ GNSS И НАКЛОНОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ВУЛКАНОВ Титков Н.Н., Сероветников С.С.....	23
ОБЩИЙ ПОДХОД И МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЭРУПТИВНОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗА ВУЛКАНИЧЕСКИМИ ИЗВЕРЖЕНИЯМИ П.П. Фирстов, Е.Р. Махмудов, Д.М. Мельников, Н.В. Чернева.....	24
ОСОБЕННОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ЭКСПЛОЗИЙ ВУЛКАНА КАРЫМСКОГО В АВГУСТЕ 2011 Г. Фирстов П.П., Фи Д., Махмудов Е.Р., Самойленко С.Б.....	25
НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ ПОРОД ВУЛКАНОВ ХАРЧИНСКИЙ И ЗАРЕЧНЫЙ Хлебородова О.А., Горбач Н.В., Портнягин М.В.....	26
ОЛИВИНЫ И ПИРОКСЕНЫ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ И ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ БАЗАЛЬТОВ И АНДЕЗИБАЗАЛЬТОВ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА - ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССОВ ФРАКЦИОННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В МАЛОГЛУБИННОМ ПРОМЕЖУТОЧНОМ МАГМАТИЧЕСКОМ ОЧАГЕ (КАМЧАТКА). Хубуная С. А., Гонтовая Л. И., Москалева С. В. и др.....	27

Секция II

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

ТИПЫ ВУЛКАНИЗМА СОВРЕМЕННЫХ ЗОН СУБДУКЦИИ ТИХООКЕАНСКОГО КОЛЬЦА: ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ Авдейко Г.П., Кувикас О.В., Палуева А.А.....	29
ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАЙОТОВ МАГЕЛЛАНОВЫХ ГОР (ТИХИЙ ОКЕАН) Акманова Д.Р., Асавин А.М., Жулёва Е.В. и др.....	30
ГЕОДИНАМИКА И КОСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ Викулин А.В.....	31
ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД ТВЕРДОЕ ТЕЛО – ЖИДКОСТЬ В БЛОКОВОЙ ГЕОСРЕДЕ КАК МЕХАНИЗМ ИЗВЕРЖЕНИЯ Викулин А.В., Иванчин А.Г.....	32
ВУЛКАНИЗМ КАК ВОЛНОВОЙ ПРОЦЕСС Долгая А.А., Акманова Д.Р., Викулин А.В.....	33
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ А.Г. Зубов.....	34

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ СТРУКТУРЫ СЕЙСМОФОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОСТРОВНЫХ ДУГ	
Ившин В.М., Ившина Е.В.	36
ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКИХ ВУЛКАНИТОВ СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИАТСКОЙ ОКРАИНЫ И ПРОБЛЕМЫ СУБДУКЦИОННОЙ ГЕОДИНАМИКИ.	
Колосков А.В.	37
О ПРЕДВЕСТНИКЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ПРОЯВЛЯЮЩЕМСЯ В ИЗМЕНЕНИЯХ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНЕ Е-1, КАМЧАТКА	
Копылова Г.Н., Сизова Е.Г.	39
ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ	
Мороз Ю.Ф., Самойлова О.М.	40
О ВАРИАЦИЯХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ КАМЧАТКИ	
Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А.	41

Секция III

Современные гидротермальные системы: геотермия, геохимия, постмагматические процессы.

Вулканогенное рудообразование.

Новые методы и методология исследований.

АЛМАЗЫ КАМЧАТКИ	
Дунин-Барковский Р.Л., Васильев Г.Ф., Аникин Л.П.	43
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ГЛИН ПАУЖЕТСКОГО И НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СВЯЗИ С ИЗУЧЕНИЕМ СОСТАВА МЕТАЛЛОНОСНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ	
Карташева Е.В., Кузьмина А.А., Королева Г.П., Чернов М.С.	44
НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛОГИИ РУД АСАЧИНСКОГО ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)	
Округин В.М., Ким А.У., Москалева С.М., Округина А.М.	45
АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ МУТНОВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КАМЧАТКА) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ	
Кирюхин А. В., Мирошник О.О.	46
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ В РАМКАХ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ	
Махмудов Е.Р.	47
СУЛЬФИДЫ КРАТЕРНОЙ ЗОНЫ ВУЛКАНА МОЛОДОЙ ШИВЕЛУЧ (ПАРАГЕНЕЗИС, МАКРО- И МИКРОСОСТАВ)	
Вергасова Л.П., Назарова М.А., Философова Т.М.,	48

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ Нуждаев И.А., Феофилактов С.О.....	49
МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МУТНОВСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ РУДООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА). Округин В.М., Чернев И.И., Косоруков, В.Л. и др.....	50
О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПИРИТА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РУДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ КАМЧАТСКОГО ПОЛУОСТРОВА Округин В.М., Яблокова Д.А., Чернев И.И. и др.....	51
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ "ВУЛКАНЫ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ" Романова И.М., Гирина О.А., Максимов А.П., Мелекесцев И.В.....	52
РАЗРАБОТКА НАУЧНОГО, ИНФОРМАЦИОННОГО И МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ВУЛКАНОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА Чебров В.Н., Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. и др.....	53
СЕРЕБРОРУДНАЯ ПРОВИНЦИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДА КОРЯКИИ (ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ) Яроцкий Г.П., Митрофанов М.О.....	54

Секция стендовых докладов

О НАРУШЕНИИ РАДИОАКТИВНОГО РАВНОВЕСИЯ ПРИ ПОСТВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. Андреев В. И., Шульженкова В.Н., Рашидов В.А., , Фирстов П.П.....	56
ГЕНЕЗИС ПОДВОДНЫХ ГОР МЭРИ БЕРД ПО ДАННЫМ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРОД. Асавин А.М. Удинцев.Б.Г.....	57
ЛАВОВЫЕ ПОТОКИ КОРЯКСКОГО ВУЛКАНА В ГОЛОЦЕНЕ: УСПЕХИ И ПРОБЛЕМЫ ДАТИРОВАНИЯ Базанова Л.И., Дирксен О.В., Пузанков М.Ю. и др.....	59
ПОЧВЕННО-ПИРОКЛАСТИЧЕСКИЕ ЧЕХЛЫ МОРСКИХ ТЕРРАС КАМЧАТКИ (НА ПРИМЕРЕ БУХТЫ СОЛДАТСКОЙ) Гвоздкова А.А.....	60
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОЛОЦЕНЕ, И ЭВОЛЮЦИЯ ОЗЕРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА СОКОЧ, ЮЖНАЯ КАМЧАТКА Дирксен В.Г.....	61
АРЕАЛЬНЫЙ ВУЛКАНИЗМА БАСЕЙНА РЕКИ САВАН, ЮЖНАЯ КАМЧАТКА. Дирксен О.В.....	62
ТЕРМОГРАММЫ ГАЗОВОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ГОРЕЛЫЙ 2010-2011 Г.Г. Дрознин В.А., Дубровская И.К.	63

К РАСЧЁТУ ОСЛАБЛЕНИЯ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ ЗА СЧЁТ ВОДЯНОГО ПАРА Дрознин В.А.....	64
ЖЕЛЕЗИСТЫЕ ОСАДКИ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ) Карданова О.Ф., Карташева Е.В.....	65
ОБСЛЕДОВАНИЕ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛОВИЗОРА Козлов Д.Н., Жарков Р.В.....	67
ОСОБЕННОСТИ ПОПЕРЕЧНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ Кувикас О.В., Накагава М. Авдейко Г.П.....	68
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОСТАВА СВОБОДНЫХ И РАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КАЛЬДЕРЫ АКАДЕМИИ НАУК Кузьмин Д.Ю.....	69
ПРОДУКТЫ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2011Г. Максимов А.П., Малик Н.А., Ананьев В.В.....	70
ПИРОКЛАСТИКА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ В 2005-2011 ГГ. Малик Н.А., Маневич А.Г., Маневич Т.М., Овсянников А.А.....	71
МАЛОГЛУБИННОЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ФУМАРОЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНА ЭБЕКО Панин Г.Л., Котенко Т.А., Бортникова С. П.....	72
ПРИРОДНЫЕ ФАЗЫ AU-AG-PB-SN-SB-BI В ШЛИХОВЫХ ОРЕОЛАХ Р. ОЛЬХОВАЯ-1 (КАМЧАТСКИЙ МЫС, ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА) Сандимирова Е.И., Сидоров Е.Г., Чубаров В.М. и др.....	73
ЗАВИСИМОСТЬ АККУМУЛЯЦИИ РЯДА ЭЛЕМЕНТОВ ЦИАНОБАКТЕРИЯМИ ОТ УСЛОВИЙ СРЕДЫ. Тембрел Е.И.....	74
ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБВАЛЬНО-ВЗРЫВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА Федорченко И.А., Делемень И.Ф. , Бубнов А.Б.....	75
ДИНАМИКА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2009 - 2012 Г. И ЕЁ ПРОЯВЛЕНИЕ В СЕЙСМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ Фирстов П.П., Шакирова А.А.....	76
РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ВУЛКАНОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА Чебров В.Н. , Дрознин Д.В. , Дрознина С.Я. и др.....	77

Секция I

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

ПОДВОДНЫЙ ВУЛКАН МАКАРОВА (КУРИЛЬСКАЯ ОСТРОВНАЯ ДУГА)

**Блох Ю.И.¹, Бондаренко В.И.², Долгаль А.С.³,
Новикова П.Н.³, Рашидов В.А.⁴, Трусев А.А.⁵**

¹г. Москва;

²Костромской государственный университет им. Н.А. Некрасова;

³Горный институт УрО РАН;

⁴Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН;

⁵ЗАО «ГНПП Аэрогеофизика»

Подводный вулкан Макарова расположен в пределах Курильской островной дуги (КОД) примерно в 25 км к юго-западу от о. Чиринкотан и назван в честь крупнейшего русского океанографа, адмирала Степана Осиповича Макарова. В «Каталог подводных вулканов и гор Курильской островной дуги» вулкан Макарова включен под номером 3.7.

Минимальная глубина, зафиксированная над вершиной вулкана Макарова, составляет 1340 м. Вулканическая постройка возвышается над окружающим дном Охотского моря ~ на 2500 м, а крутизна склонов, лишенных осадков, достигает 30°. Размер основания, перекрытого осадками мощностью до 1000 м, – 12×15 км, а объем – около 120 км³.

Подводный вулкан Макарова является существенно лавовым. При драгировании вулкана в 24-ом рейсе НИС «Вулканолог» и 21-ом рейсе НИС «Пегас» были подняты базальты, андезибазальты, андезиты, андезидациты, дациты и небольшие гальки палеотипных пород. Многие драгированные образцы покрыты железомарганцевой коркой.

В результате комплексных геофизических исследований установлено, что с юго-юго-запада к подводному вулкану Макарова примыкает погребенная куполообразная структура и сделано предположение о том, что привершинная часть вулканической постройки представляет собою экструзивный купол, сформировавшийся в древнем кратере.

Применение технологии моделирования данных гидромагнитной съемки в комплексе с эхолотным промером, непрерывным сейсмоакустическим профилированием и анализом естественной остаточной намагниченности и химического состава драгированных горных пород, разработанной авторами, показало, что наиболее намагниченной является привершинная часть вулканической постройки и фрагмент ее южного склона до глубины 2300 м.

Интересной особенностью результатов выполненной интерпретации является выявленное кольцо изометричных минимумов намагниченности, оконтуривающее основание вулкана. Подобная картина при изучении подводных вулканов КОД никогда ранее не встречалась.

Сделано предположение о наличии на глубинах 2.5-3.0 км периферических магматических очагов и субвертикальном положении подводящих каналов.

Решение нелинейной обратной задачи магнитометрии монтажным методом позволило выделить намагниченный объект, прослеженный на глубину до 11.5 км, который отождествляется с застывшей питающей системой вулкана.

Авторский коллектив, состоящий из представителей классических отечественных геофизических школ, на примере вулкана Макарова продолжил плодотворную интеграцию вузовской, академической и отраслевой науки организаций Москвы, Костромы, Перми и Петропавловска-Камчатского для изучения подводных вулканов КОД, а также привлечение молодых ученых и аспирантов для выполнения фундаментальных научных исследований.

ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВОВ НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ

Волынец А. О.¹, Woerner G.², Kronz A.², Пономарев Г.П.¹

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

² *Geowissenschaftliches Zentrum, Georg-August-Universitaet Goettingen, Germany*

В работе (Volynets et al., 2010) предполагается, что миоцен-плиоценовые платобазальты Срединного хребта (СХ), характеризующиеся типично-островодужным распределением микроэлементов, были образованы в процессе субдукции Тихоокеанской плиты (когда СХ представлял собой фронтальную часть зоны субдукции) в результате высоких степеней флюид-индуцированного плавления (степень плавления более 20%, количество флюида – 1.5-4%). Четвертичные породы стратовулканов и моногенных лавовых полей с гибридным типом распределения микроэлементов (сочетающим в себе обогащение всеми HFSE и повышенные значения отношений флюид-мобильных элементов к неподвижным во флюиде элементам) образовались в результате более низких степеней преимущественно декомпрессионного плавления (8-10%) с меньшим участием флюидного компонента (<2%) в условиях тыловой части зоны субдукции. В таком случае, следует ожидать четких различий в температурах магм в этих принципиально различных режимах плавления: более высокие температуры должны быть обнаружены при декомпрессионном плавлении, и более низкие – при флюид-индуцированном. Для проверки этой гипотезы нами изучены составы минеральных парагенезисов в вулканических породах обеих возрастных групп и рассчитаны температуры магм и давление при кристаллизации. В исследование вошло более 500 анализов ОI, около 300 анализов Сrx и Орх и порядка 170 парагенезисов ОI-Sp. Все включения Sp в ОI были переуравновешены в процессе остывания магмы; условно-равновесные составы найдены только в двух образцах: моногенного конуса из Седанского района (обр.АВ0262) и дайки в западной части долины Гольцовых озер (Кекукнайский р-н, обр.406-1). По составу этих условно-равновесных ОI-Sp парагенезисов и валовому составу исходных образцов базальтов были рассчитаны условия равновесия парагенезисов с расплавом, соответствующим валовому составу породы (такое допущение правомерно в том случае, если изменения состава расплава в ходе извержения были несущественны) для «сухих» условий (по термометрам и барометрам Пономарева и Пузанкова, (2009)), которые составили $1292 \pm 30^\circ\text{C}$ и $1,3 \pm 1,8$ кБар для обр.АВ0262 и $1280 \pm 30^\circ\text{C}$ и $6,5 \pm 1,8$ кБар для обр.406-1. Давления и температуры, посчитанные на основе Сrx-Орх равновесия (Putirka, 2008) составили для пород плато р.Правая Озерная: $1150-1218 \pm 60^\circ\text{C}$ и $3,3-7,7 \pm 2,8$ кБар; моногенных конусов р.Правая Озерная: $1058-1173 \pm 60^\circ\text{C}$ и $1,7-7,1 \pm 2,8$ кБар; Двухъярточного плато: $973-1025 \pm 60^\circ\text{C}$ и $2,8-5,9 \pm 2,8$ кБар. Более высокие $T_{\text{равн}}$ для пород плато Правой Озерной связаны с $\text{Mg}^{\#}_{\text{Сrx}}$ (74-85 в плато против 63-76 в конусах). Кроме того, удалось рассчитать Р и Т равновесия Сrx-расплав (Putirka, 2008) (за состав расплава был условно принят валовый состав породы, равновесный с Сrx) для Двухъярточного плато: $1141 \pm 42^\circ\text{C}$; $5,5 \pm 2,2$ кБар и хребта Крюки: $1090-1116 \pm 42^\circ\text{C}$; $2,1-3,8 \pm 2,2$ кБар. Температуры равновесия ОI-расплав, рассчитанные по геотермометру (Putirka, 2008), коррелируются с магнезиальностью ОI и породы, и являются максимальными в породах плато р.Правая Озерная $1287 \pm 43^\circ\text{C}$ и дайки Гольцовых озер $1248 \pm 43^\circ\text{C}$, что дает максимальную потенциальную температуру мантии 1429 и 1386°C , соответственно.

ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2010-2012 ГГ.
ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА ГРУППЫ KVERT
Гирина О.А., Нуждаев А.А., Маневич А.Г., Ушаков С.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
girina@ksnet.ru

Кизимен (2485 м) расположен на западном склоне южной части хребта Тумрок в 265 км к северо-востоку от Петропавловска-Камчатского. Исторические извержения Кизимена достоверно неизвестны, имеются неполные данные только об одном извержении в 1928-1929 гг., которое было, вероятно, умеренно эксплозивным или эксплозивно-эффузивным (Пийп, 1946).

Первая активизация Кизимена отмечена в сентябре-октябре 2009 г. (<http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>). Кроме этого, по данным KVERT, с 21 августа по 16 октября в районе его вершины отмечалась слабая термальная аномалия. С января 2010 г., сейсмичность вулкана постоянно была повышенной. 20 ноября учеными ИВиС ДВО РАН и КФ ГС РАН было обнаружено несколько новых фумарол на вершине и юго-западном склоне вулкана. Термальная аномалия была отмечена на вулкане 30 ноября.

9 декабря 2010 г. началось эксплозивное извержение вулкана Кизимен: резко возросло количество слабых и сильных вулканических землетрясений, появилось вулканическое дрожание (<http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>). На фото от 10 декабря Д. Пейджа (D. Page), физика из Канады, которому посчастливилось первым запечатлеть начало извержения вулкана Кизимен, ясно видно формирование многочисленных пирокластических потоков, низвергавшихся на юго-восточный склон вулкана. С 10 декабря в районе вершины вулкана появилась яркая термальная аномалия (<http://www.ksnet.ru/ivs/kvert/updates/2010/12/KamAct66-10.html>), которая продолжает отмечаться и сегодня, в марте 2012 г.

Сильное эксплозивное событие произошло в 19:57 UTC 12 декабря – по данным Токио VAAC, пепловая туча поднялась до 10 км н.у.м. Пеплопады прошли в поселках Тигиль и Козыревск. Мощные эксплозии, при которых пепел поднимался до 8-10 км н.у.м., начали регистрироваться с 17:56 UTC 31 декабря: по спутниковым данным, пепловый шлейф перемещался на юго-запад от вулкана. 1 января широкий пепловый шлейф распространился от вулкана на весь юг Камчатки вплоть до мыса Лопатка. Через г. Петропавловск-Камчатский, г. Елизово, аэропорт пепловая туча прошла на высоте около 4.5 км н.у.м. 5 января пепловые шлейфы перемещались на восток-северо-восток от вулкана более 500 км – пеплопад прошел на Командорах, позднее пепловое облако было отмечено на расстоянии 838 км к северо-востоку от вулкана. В дальнейшем пепловые шлейфы длиной > 300-500 км, распространявшиеся в различных направлениях от вулкана, отмечались почти ежедневно до середины июня 2011 г.

Анализ фотоматериалов с облета вулкана позволил нам определить, что 25 января 2011 г. на юго-восточном склоне вулкана уже имелся небольшой вязкий лавовый поток, возможно, его выжимание началось в середине января 2011 г., или раньше. Излияние лавового потока продолжается до настоящего времени – март 2012 г.

Выделяется несколько стадий извержения: эксплозивная (с 9 декабря 2010 г. по середину января 2011 г.); эксплозивно-эффузивная (с середины января по середину июня 2011 г.); эффузивная (с середины января 2011 г. по настоящее время - 03.2012 г.).

Ежедневный мониторинг извержения Кизимена, выполняемый группой KVERT, позволил зафиксировать все произошедшие с вулканом события в течение 2009-2012 гг., о которых и предполагается рассказать в докладе.

ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ В 2012 Г. ПО ДАННЫМ KVERT О.А. Гирина, Ю.В. Демянчук

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
girina@kscnet.ru

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. В течение 1965-2012 гг. произошло 43 эксплозивных извержения Вулканского типа, во время 20-ти из которых пепловые тучи поднимались до 10-15 км над уровнем моря. Предыдущее извержение произошло 13 апреля 2011 г.

Согласно сейсмическим данным, активность вулкана постепенно начала повышаться, то есть он начал готовиться к очередному эксплозивному извержению, с 12 февраля (<http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>). 12-29 февраля ежедневно отмечалось по 7-19 слабых сейсмических событий, 1-6 марта их количество увеличилось до 25-60, 7 марта достигло 149. 29 февраля – 7 марта регистрировались эпизоды вулканического дрожания. Постепенно увеличивались температура и размер термальной аномалии в районе лавового купола – происходило выжимание жестких экструзий на вершине вулкана и выжимание свежей лавы на его поверхность.

В связи с повышением активности вулкана, 23 февраля в 23:10 UTC был опубликован прогноз о том, что сильное эксплозивное извержение вулкана произойдет в течение 2-х следующих недель (KVERT INFORMATION RELEASE 09-12, 24 февраля в 11:10 KST) (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/updates/2012/02/>). Активность вулкана нарастала, и 1 марта в 23:45 UTC (2 марта в 11:45 KST), в прогнозе KVERT INFORMATION RELEASE 10-12 было указано, что сильное эксплозивное извержение вулкана произойдет в течение следующей недели (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/updates/2012/03/>). В связи с усилением активности вулкана 2 марта в 20:55 UTC Авиационный цветовой код был изменен с Оранжевого на Красный (KVERT INFORMATION RELEASE 11-12, 3 марта в 08:55 KST), в прогнозе было указано, что извержение возможно в любое время. 8 марта в 02:02 UTC в прогнозе KVERT INFORMATION RELEASE 15-12 (8 марта в 14:02 KST) было указано, что сильное эксплозивное извержение вулкана произойдет в течение следующих 24 ч. Авиационный цветовой код оставался Красный.

Согласно сейсмическим данным, мощная эксплозивная фаза извержения происходила с 21:27 до 22:10 UTC 8 марта. По видео кульминация извержения наблюдалась в 21:40 UTC: пепловая туча с отложений пирокластических потоков поднялась до 8 км над уровнем моря. 9 марта в 01:30 UTC в п. Усть-Камчатск начался слабый пеплопад. По спутниковым данным, 9-10 марта пепловый шлейф протянулся на 1250 км на северо-восток от вулкана.

9 марта в 07:00 UTC, в связи со снижением активности вулкана, Авиационный цветовой код был изменен с Красного на Оранжевый (KVERT INFORMATION RELEASE 19-12, 9 марта, 19:00 KST). 10-11 марта, после окончания эксплозивной фазы извержения, отмечался мощный парогазовый шлейф, протягивавшийся на северо-северо-восток от вулкана. В районе вулкана регистрировалась крупная термальная аномалия, связанная с выжиманием вязкого лавового потока на склон купола. У подножия купола образовались отложения пирокластических потоков, протянувшиеся на ~4 км от вулкана. Возможно, они связаны с обрушением фронтальной части лавового потока, формирующегося с 2006 г.

ОЦЕНКА МАССОВОГО РАСХОДА В ПАРОВЫХ ШЛЕЙФАХ ВУЛКАНОВ.

Дрознин В.А.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
dva@kscnet.ru

Действующие вулканы – курящиеся горы, на многих наблюдаются газовые, в основном паровые шлейфы. Необходимость методик расчёта расхода пара очевидна как в теоретическом, так и практическом отношении. Вулканы продуцируют на дневную поверхность вещество недр Земли по механизму термогазлифта и, поэтому, роль газовой составляющей является фундаментальной. Кроме того изменение (увеличение) расхода газа в ряде случаев оказывается предвестником извержения (Безымянный, 2006) или оказывается, что извержение бывает газовым (вулкан Горелый с 2010г. по настоящее время) или с незначительным содержанием пепла (Корякский 2008-2009г.г.).

Объектами исследования могут быть действующие вулканы Камчатки: Авачинский, Корякский, Горелый, Мутновский - расположенные вблизи наиболее населённой территории Камчатки, городах: Петропавловск-Камчатский, Елизово, Вилючинск. Изучение этих вулканов возможно из города или пунктов доступных автотранспорту. Фумарольная активность также наблюдается на вулканах Желтовский, Жупановский, Кизимен, Ичинский. Парогазовый вынос сопровождает извержения вулканов Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Карымский

Непосредственное измерение расхода пара на вулканах возможно и выполнялось, но только на отдельных фумарольных выходах. Известна единственная методика дистанционного расчёта теплового выноса шлейфов по их высоте, предложенная академиком С.А.Федотовым. Она основана на теории динамики термиков в условиях горизонтального движения воздуха, и поэтому не корректна работает на высоких вулканах, где наблюдаются восходящие, т.е. не горизонтальные потоки обтекания вулканической постройки.

Использование тепловизора для определения температуры в шлейфе и в окружающей его атмосфере позволило Matsushima, N., 2003 предложить схему расчёта массового расхода пара а шлейфе. Анализ правомерности такого расчёта, его усовершенствование, определение погрешности является содержанием настоящего сообщения

Парогазовый шлейф вулкана рассматривается как смесь продуцируемого водяного пара и воздуха. Предполагается, что в шлейфе находится насыщенный пар, поэтому можно аналитически выразить физические свойства в шлейфе через один параметр – температуру. Температура определяется с помощью тепловизора. Скорость в шлейфе видеосъёмкой.

Объектами исследования могут быть действующие вулканы Камчатки: Авачинский, Корякский, Горелый, Мутновский - расположенные вблизи наиболее населённой территории Камчатки, городах: Петропавловск-Камчатский, Елизово, Вилючинск. Изучение этих вулканов возможно из города или пунктов доступных автотранспорту. Фумарольная активность также наблюдается на вулканах Желтовский, Жупановский, Кизимен, Ичинский. Парогазовый вынос сопровождает извержения вулканов Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Карымский

Приводятся примеры определений расхода на вулканах Горелый, Авача с привлечением данных видеонаблюдений ИВиС ДВО РАН и метеонаблюдений по станции Петропавловск-Камчатский.

ОБЗОР ПРЕДВЕСТНИКОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВЕРШИННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ БАЗАЛЬТОВЫХ И АНДЕЗИБАЗАЛЬТОВЫХ ВУЛКАНОВ)

Иванов В.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
victor@kscnet.ru

Карта вулканов Мира включает в себя примерно 1500 вулканов, которые извергались в течение голоцена (в последние 10 тыс. лет); примерно 550 из них имеют исторически документированные извержения, т.е. считаются «действующими». Количество молодых вулканов морского дна точно неизвестно, но есть оценки, что оно превышает 1 млн. Извержения вулканов представляют реальную опасность для проживающих в их окрестностях нескольких млн. чел., для авиации и морского сообщения.

Несмотря на ряд успешных прогнозов, разработка методов мониторинга и прогноза извержений вулканов остается серьезной проблемой. По нашему мнению, большое количество ложных тревог и пропусков начала извержений, в т.ч. пароксизмальных их фаз, больших ошибок в оценках ожидаемых масс изверженных продуктов, времени начала извержений, объясняется двумя причинами: 1) Незнанием параметров магмы и недостаточным пониманием процессов, происходящих в ней при подъеме к поверхности Земли. Ведь параметры магматических систем и извержений недоступны для прямых измерений в силу их заглубленности или большой опасности, а сведения о них получаются только путем косвенных методов. 2) Наличием резких переходов и случайностью в поведении магматических систем из-за присутствия им нелинейности.

Особенно трудно прогнозировать широко распространенные вершинные извержения базальтовых и андезибазальтовых вулканов, когда сравнительно маловязкие магмы поднимаются по многократно действующим проницаемым центральным питающим каналам. Такие извержения не предваряются роями вулканических землетрясений (I-III типов по Токареву), которые в других случаях являются главными предвестниками.

По литературным данным можно выделить следующие предвестники вершинных извержений базальтовых и андезибазальтовых вулканов:

1. *Долгосрочные(до 1 года) и среднесрочные(от 1 мес. до 1 года) предвестники:* а) появление мантийных землетрясений с $H = 70-300$ км; б) меридиональные направления векового хода полюса Земли; в) миграция очагов вулканических землетрясений к поверхности, которая проявляется ~ за 2 г. до начала извержения; г) увеличение температуры и геохим. параметров вулканических газов, д) изменение морфологии вершинного кратера и т.д. Для прогнозирования важно также анализировать временные интервалы между несколькими предыдущими извержениями и фазу ритма со средним периодом 6.2 г., который синхронизирован с лунным приливом 18.6 г.

2. *Краткосрочные предвестники (до 1 мес.):* а) усиление прогрева вершинного кратера; б) увеличение амплитуды вулканического дрожания (ВД) и частоты взрывных вулканических землетрясений IV типа по Токареву, которые связаны с дегазацией магмы при ее подъеме в центральных питающих каналах вулканов; в) миграция очагов вулканических землетрясений к поверхности Земли; г) вспучивание постройки вулкана и др. Перед некоторыми верш. извержениями сейсмологические и газовые предвестники были весьма кратковременными (первые сутки) или совсем не отмечались. Мы связываем это со случаями относительно быстрого подъема магмы в канале, когда в ней не успевала происходить гравитационная дифференциация свободной газовой фазы.

3. *Предвестники пароксизмальной фазы вершинного извержения Ключевского вулкана, имевшей место 1.10.1994г.:* а) интенсивная предшествующая стромболианская деятельность

вершинного кратера; б) за трое суток до начала экспоненциальное увеличение высоты полета вулканических бомб, длины пирокластических потоков и амплитуды ВД. Во время пароксизма амплитуда ВД была примерно на порядок выше, чем при предшествующей стромболианской активности. После пароксизма извержение быстро прекратилось, а вместе с ним прекратилось и ВД.

ВУЛКАНИЧЕСКОЕ ДРОЖАНИЕ, ПРЕДВАРЯЮЩЕЕ ВЕРШИННЫЕ ИЗВЕРЖЕНИЯ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА (КАМЧАТКА)

Иванов В.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
victor@kscnet.ru

Гигантский (4750-4850 м над у.м.), необычайно активный стратовулкан Ключевской является одним из крупнейших магматических центров планеты и одной из 20-ти главных вулканологических обсерваторий Мира. За 18-лет (1994 по 2011 гг.) — 6 эффузивно-эксплозивных стромболианских (стромб.-вулканских) вершинных извержений общей длительностью ~1.4 г. Покоя на вулкане нет, маловязкая андезибазальтовая магма почти всегда находится выше начала газоотделения в центральном питающем канале, через брекцию которого она дегазируется: постоянная фумарольная эмиссия, парогазовые взрывы, взрывные вулканические землетрясения (события IV типа по Токареву) и вулканическое дрожание (ВД). При подъеме магмы к поверхности Земли интенсивность этих явлений нарастает, что может закончиться вершинным извержением.

Анализ событий IV типа, ВД, визуальных, фото, видео и спутниковых данных на Ключевском вулкане показывает следующее:

1. На вулкане имеется два типа сейсмического режима в форме: а) серий импульсных н.ч. сигналов — землетрясений IV типа и б) длительных непрерывных вибраций — эпизодов ВД. Критерий различия — длительность, которая для ВД на 1-4 порядка больше, чем для землетрясения IV типа: (1 час. - неск. мес.) и (1-7) мин., соответственно. Режимы сменяют друг друга: за серией событий IV типа следует эпизод ВД, затем опять серия событий IV типа и т.д.

2. События IV типа и ВД, предваряющие вершинное извержение, подобны: а) имеют близкие спектры; б) оба сопровождают парогазовые взрывы и эмиссии в вершинном кратере; в) оба имеют более высокую относительную сейсмическую мощность, чем таковая при гидротермально-магматических извержениях. Поэтому эти сейсмические явления, вероятно, имеют близкие природу и местоположение источников и связаны не с фреатикой, но с более мощными гидродинамическими процессами в заглубленной магматической колонне вулкана при ее дегазации.

3. Различия событий IV типа и ВД: а) во время ВД события IV типа, как правило, не отмечаются; в) перед «включением» ВД частота событий IV типа значимо не увеличивается; г) ВД «выключается» так же резко, не разрываясь на отдельные события IV типа. Т.е. ВД не есть результат слияния часто следующих друг за другом событий IV типа, а события IV типа не есть «куски» ВД. Это существенно различные явления.

4. В начале подготовки вершинного извержения частота событий IV типа и амплитуда ВД нарастают синхронно с увеличением прогрева кратера. С приближением к началу извержения частота событий IV типа постепенно снижается, они уступают место непрекращающемуся ВД, амплитуда которого нарастает с ускорением.

Один из возможных механизмов генерации событий IV типа и ВД на влк. Ключевском. Рассмотрим магматическую колонну в центральном питающем канале вулкана, заглубленную, но выше уровня начала газоотделения. В силу относительно малой вязкости магмы, в ней происходит всплывание и объединение газовых пузырьков. Из-за наличия барьера — вышележащей, сравнительно малопрочной брекчии канала — в верхней части колонны скапливается протяженный по вертикали слой крупновспененной магмы в состоянии плотнейшей упаковки. Брекция канала имеет некий предел прочности. Поэтому магма движется не непрерывно, а отдельными эпизодами, разделенными периодами стояния. Во время движения магмы

верхние газовые ее структуры непрерывно объединяются и разрушаются в брекчию, образуя в ней газовый канал и генерируя во вспененной части колонны продолжительные гидродинамические колебания и сигнал ВД во вмещающей среде. Напротив, землетрясение IV типа порождается в «стоячей магме» при *однократном* объединении газовых структур у верхнего фронта заглубленной магматической колонны и разрушении их в брекчию канала.

ТЕРМОАНОМАЛИИ В КРАТЕРЕ ВУЛКАНА СТАРЫЙ КИХПИНЫЧ И НА КОНУСЕ САВИЧА (РЕЗУЛЬТАТЫ ДАННЫХ ИК-СЪЕМКИ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА 30 ЛЕТ, 1980-2010 ГГ.)

Карданова О.Ф., Дубровская И.К.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Термальные поля Кихпинычского долгоживущего вулканического центра (КДВЦ) изучались наземными методами в 1976, 1978-1982, 1986 и 1997 годах, кратер в. Старый Кихпиныч – в 1980-1982, 1997 годах. Были использованы материалы аэротепловой съемки района, проводившиеся в 1982, 1988, 1989, 1993, 2009-2010 годах.

В августе 1982 г. в кратере вулкана Старый Кихпиныч (СК) обнаружили большие изменения, подробно рассмотренные в статье авторов [1994]. Все Северное поле было полностью погребено под обвалом, в том числе 5 щелевидных каньонов до 10 м глубиной. Под обвалом оказалась площадь дна кратера размером ~200x300 м. В результате образовался вал, перекрывший полностью часть кратера ниже места обрушения. Две мощные ревущие фумаролы с диаметром устья более 0,5 м оказались под обвалом; на их месте возникли грязевые вулканы до 2 м высотой. Была перекрыта часть Восточного и Южного полей. Но материал обрушения не вышел за пределы постройки вулкана. В этом же году было совершено несколько залетов над КДВЦ на высоте 2000 м для проведения тепловой ИК – съемки и она зафиксировала на месте обрушения почти кольцевую неоднородность радиусом 35-40 м, которая подробно рассмотрена в статье авторов [1994].

В истоках ручья Кислого и его каньоне (в пределах постройки вулкана Старый Кихпиныч) в 1981 году наблюдалась блочно- клавишная структура с многочисленными 3-5 метровыми водопадами. В августе 1983 года произошло сильное землетрясение (класс - 15,4 и магнитуда – 6,8) в ~ 200 км от вулкана. Последствия от этого землетрясения были видны практически на всех полях КДВЦ. Вызванный этим землетрясением сель, сошедший с южной стороны кратера СК, вышел далеко за пределы постройки вулкана. По наблюдениям одного из авторов в 1986 году по ручью Кислому отсутствовали глубокие каньоны с водопадами. К 1997 году материал обрушения 1982 г. был перекрыт материалом оползней и селей, произошедших после 1986-1987 годов, материал которых был вынесен за пределы постройки вулкана, образовав мощные нагромождения при выходе ручья Кислого на тундру. Это подтвердили наземные исследования 1997 года.

Результаты дешифрирования ИК - снимков 1989 года показали увеличение аномальной зоны в районе Северного ТП по сравнению с 1982 годом. Дешифрирование выявило ряд заметных изменений – повысилась температура светлых пятен, появились новые прогретые участки, расположенные по дуге окружности. Появление второй дуги фиксирует увеличение масштаба обрушения в западном направлении. Наземные наблюдения 1997 г. подтвердили этот факт. В 1997 г. в верхней части северной стенки на восточном склоне цирка был отмечен небольшой источник, источник, который фиксировался на ИК-снимках 1989 г. Изменения, произошедшие в кратере вулкана Старый Кихпиныч по 1997 год, рассмотрены в статье авторов [2005].

По данным ИК-съемки 2010 г. наблюдаются несколько новых прогретых участков в районе Северного ТП. Там же зафиксированы фумаролы Южного ТП. На этих снимках видна термоаномалия, соответствующая новой мощной фумароле, наблюдаемой в 1997 году.

Изменение формы и размеров термоаномалии на конусе Савича ранее нами не рассматривалась. В кратере этого конуса в 1982 г. были проведены замеры температур парогазовых выходов (63-76 °С). Температура парящих площадок замерялась также в 1997 году. Количество прогретых площадок заметно возросло, были выходы, прогретые до 92 °С. По материалам ИК-съемки 1993, 2009 и 2010 годов наблюдается увеличение яркости некоторых термоаномалий и изменение их размеров и формы.

САМОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИНТЕРМЕТАЛЛИДЫ В ПЕПЛАХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ И ИСЛАНДИИ

Карпов Г.А., Аникин Л.П., Николаева А.Г.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Самородные металлы и интерметаллиды встречаются в месторождениях разного генезиса - в магматических, метаморфических и гидротермальных. Исследования сотрудников Института вулканологии Л.П. Вергасовой, С.Ф. Главатских, Е.К. Серафимовой, прежде всего, на Большом трещинном Толбачинском извержении 1975-1976 гг. позволили обнаружить большую группу самородных металлов и интерметаллических соединений также и в вулканических эксгальциях - производных расплава магнезиальных базальтов, поступавших на поверхность с большой скоростью из области верхней мантии. Дифференциация многокомпонентной газовой фазы, отделившейся от магматического расплава при температуре более 1000 °С, в приповерхностных условиях кратерной зоны на Северном прорыве БТТИ привела к формированию оруденения, в составе которого были обнаружены самородные элементы - Au, Si, Pb, Bi, W, интерметаллические соединения, а также сульфаты, окисульфаты, хлориды и оксихлориды Si, Zn, Pb, Fe, Al, V, Te, Se, Bi, оксиды Fe и Si [1-4]. Доказательством переноса рудных элементов современными магматогенными флюидными системами в элементарном состоянии или в виде легко распадающихся при входе в атмосферу газовых комплексов является и обнаружение нами большого числа рудных образований в пеплах действующих вулканов Камчатки [5-7].

В настоящем сообщении суммированы ранее не опубликованные данные о рудных образованиях и интерметаллических соединениях, а также сопутствующих им нерудных минералах, определенных нами в пеплах Корякского, Карымского вулканов Камчатки и вулкана Эйяфьятлайёкюдль в Исландии.

Приведенный материал позволяет сделать вывод о том, что современные вулканогенные флюидные системы имеют рудную нагрузку, т.е. являются рудоносными. Часто наблюдаемые в составе одной и той же пробы пеплов разновалентные (от максимально

восстановленных до окисленных) состояния рудных компонентов свидетельствуют о сложной окислительно-восстановительной обстановке в зоне флюидного транспорта и, по-видимому, о чрезвычайной гетерогентности условий газотранспортных реакций в самой газовой - пепловой колонне в процессе извержения. Обращает на себя внимание перенос вещества в виде самородных элементов, возможно, в виде кластеров или наночастиц.

В этой связи примечательно очень важное замечание авторов [8], которые отметили, что масштаб выноса летучих и халькофильных элементов (включая Pt и Pd) в составе газовой фазы Толбачинского извержения 1975 г. был значительно выше, чем их содержания в базальтах Северного прорыва БТТИ. Это может свидетельствовать об обособлении обогащенной металлами флюидной фазы в процессе подъема магматического вещества в верхние горизонты земной коры, где при спаде давления и температуры и формируются зоны оруденения.

По материалу исследования пеплов Исландского вулкана, в котором обнаружены зерна самородной платины, самородного железа, самородной меди, интерметаллидов, пирита, титаномагнетита и оксида железа, наряду со стеклом разного состава и очень вариабельным составом пироксенов, оливина и плагиоклаза, сделан вывод о гибридном составе магмы, участвовавшей в извержении.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-05-00572.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВУЛКАНИЗМЕ, ПРЕДВАРЯВШЕМ СУПЕРИЗВЕРЖЕНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ КАЛЬДЕРЫ КАРЫМШИНА (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

Леонов В.Л.¹, Биндеман И.Н.², Рогозин А.Н.¹

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

² *Университет штата Орегон, США*

В настоящей работе рассмотрены особенности вулканизма, который проявился на Южной Камчатке перед тем, как там сформировалась кальдера Карымшина. Кальдера, имеющая размеры 15х25 км, была открыта в 2007 году (Леонов, Рогозин, 2007). Тогда же был рассчитан примерный объем изверженных продуктов, выброшенных при формировании этой кальдеры - он составил около 825 км³ или по массе – 2х10¹⁵ кг. Это позволило рассматривать кальдеру Карымшина как крупнейшую из известных до сих пор на Камчатке и относить ее к супервулканам (Mason et al., 2004).

Крупнейшие вулканические извержения на Земле (суперизвержения) влияют на климат, на жизнь на планете, они способны привести к глобальным катастрофам (Rampino, 2002; Sparks et al. 2005; Биндеман, 2006). Гигантские кальдеры, которые образуются при таких извержениях, активно изучаются во всем мире в последние годы (Lowenstern et al., 2006; Marianelli et al., 2006; Miller, Wark, 2008; de Silva, 2008). Магматические очаги супервулканов, имеющие огромные размеры, являются как источниками тепла для современных гидротермальных систем, так и источниками вещества для процессов рудообразования. Как возникают такие магматические очаги? Какие процессы происходят в них и приводят к суперизвержениям? Можно ли обнаружить предвестники грядущих суперизвержений? Ответы на эти вопросы ищут многие ученые в разных странах.

В последние годы нами было проведено изучение разрезов вулканогенных отложений в районе кальдеры Карымшина и Ar-Ag датирование пород (Леонов и др., 2008; Bindeman et al., 2010). Вулканогенные толщи района, относящиеся до сих пор к единому Карымшинскому комплексу, были расчленены – в плиоцене-раннем плейстоцене на Южной Камчатке было выделено, по крайней мере, три эпохи кислого вулканизма (Леонов, Рогозин, 2010). Возраст кальдеры Карымшина был определен в 1,78 млн. лет (Bindeman et al., 2010).

В данной работе впервые выделены и охарактеризованы вулканические постройки, которые существовали в районе, где сформировалась кальдера Карымшина, непосредственно перед тем, как произошло суперизвержение. Впервые приводятся данные о геохимии и изотопии кислорода для пород, слагающих докальдерные вулканы. Сделан вывод, что формирование кальдеры Карымшина произошло в районе, где перед этим длительное время (в течение всего плиоцена) проявлялся кислый вулканизм и, по-видимому, существовали близповерхностные магматические очаги, в которых шли процессы дифференциации и коровой ассимиляции и в результате этих процессов скопились большие объемы риолитовой магмы. Это и привело в итоге к суперизвержению и формированию крупной кальдеры.

АКТИВНОСТЬ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ В 2011 Г.
Маневич А.Г., Гирина О.А., Мельников Д.В., Ушаков С.В.,
Нуждаев А.А., Демянчук Ю.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
mag@kschnet.ru

В 2011 г. в состоянии высокой активности находилось четыре вулкана Камчатки (Кизимен, Шивелуч, Безымянный, Карымский).

Продолжалось эксплозивно-эффузивное извержение вулкана **Кизимен**, начавшееся 9 декабря 2010 г. 1 января широкий пепловый шлейф распространился от вулкана на весь юг Камчатки вплоть до мыса Лопатка. 5 января пепловые шлейфы перемещались на восток-северо-восток от вулкана более 500 км – пеплопад прошел на Командорах, позднее пепловое облако было отмечено на расстоянии 838 км к северо-востоку от вулкана. Самые сильные пепловые выбросы до 7.5-10.0 км н.у.м. (по сейсмическим данным КФ ГС РАН) были 12, 23 и 25 января, 14-15 марта и 2 мая. Пепловые шлейфы длиной > 300-500 км от вулкана отмечались почти ежедневно до середины июня 2011 г. 25 января 2011 г. на юго-восточном склоне вулкана уже имелся небольшой вязкий лавовый поток, возможно, он появился в середине января 2011 г. Излияние лавового потока продолжается до настоящего времени – март 2012 г.

Продолжалось экструзивно-эффузивно-эксплозивное извержение вулкана **Шивелуч**. После сильного извержения вулкана в октябре 2010 г., в ноябре-декабре 2010 г. и январе 2011 г. наблюдалось относительно спокойное состояние вулкана – лишь парогазовые эмиссии различной интенсивности. С февраля 2011 г. возобновились эксплозии, впервые после перерыва пепловый выброс наблюдался 4 февраля. В течение года ежемесячно отмечалось от 2 (август) до 8-9 (апрель-май) мощных эксплозий с подъемом пепла до 8.5-10 км над уровнем моря (н.у.м.), пепловые шлейфы при этом протягивались от первых десятков до 1000 км в различных направлениях от вулкана. 30-31 мая пепловый шлейф прошел через всю Камчатку немного западнее аэропорта и гг. Елизово и Петропавловск-Камчатский. Активность вулкана резко повысилась 3 октября – непрерывно отмечались пепловые выбросы до 7.5-8.0 км н.у.м., шлейфы протягивались до 150 км преимущественно в северных направлениях от вулкана. Мощные раскаленные лавины с купола наблюдались в темное время суток.

13 апреля в 20:20 UTC, по сейсмическим данным, произошло сильное эксплозивное извержение вулкана **Безымянный**. Так как район вулкана во время извержения был закрыт плотными облаками на высоте 8 км н.у.м., предполагается, что пепловая туча поднялась ниже этих облаков. Отложения пепла шириной около 35 км были отмечены на северо-северо-западе от вулкана – в урочище Красном Яр.

Продолжалось слабое эксплозивное извержение вулкана **Карымский** с подъемом пепловых облаков (по сейсмическим данным КФ ГС РАН) иногда до 4.5 км н.у.м. и распространением шлейфов в восточных направлениях от вулкана. Наиболее сильные эксплозии, по сейсмическим данным, произошли 28 марта и 10 мая – пепловые облака поднимались до 5 и 6 км н.у.м., соответственно.

Продолжалась активизация вулкана **Горелый** – почти непрерывно наблюдалась мощная эмиссия фумарольных газов из активного кратера вулкана.

В 2011 г. на вулканах Шивелуч, Кизимен, Карымский, Безымянный, Горелый, Малый Семячик почти постоянно и на вулканах Ключевской, Мутновский и Авачинский время от времени отмечались термальные аномалии. В течение пароксизмальных фаз извержений Шивелуча и Безымянного, когда пепловые шлейфы распространялись на высотах 7-10 км н.у.м., эти вулканы представляли опасность для международной авиации; потенциальная опасность всех перечисленных вулканов для местных авиалиний существовала в течение всего года.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО АНАЛИЗА ДИОКСИДА СЕРЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Мельников Д.В., Ушаков С.В, Муравьев Я.Д.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
dvm@kscnet.ru

Диоксид серы (SO_2) является одним из основных магматических газов, эманации которого сопровождают вулканическое извержение. Анализ содержания SO_2 в атмосфере позволяет судить об энергии вулканического извержения в целом и отдельных его этапов. На сегодняшний момент существует три основных группы методов изучения состава вулканических газов: классические химические методы отбора вулканического газа и его анализа (а); спутниковые системы анализа концентраций диоксида серы в атмосфере (б); дистанционные наземные системы анализа концентраций вулканических газов (в).

Два последних метода основаны на принципах взаимодействия молекул вулканических газов с атмосферой и концентрации этих газов могут быть определены в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах. В докладе проводится сравнительный анализ этих двух методов для задач изучения активности вулканов Камчатки.

Показано, что для каждого вулкана можно выделить собственные, сугубо индивидуальные параметры дегазации диоксида серы. Очевидно, что при помощи наземного и спутникового мониторинга диоксида серы можно определить:

1) текущее состояние вулкана – присутствует дегазация диоксида серы на вулкане или нет. Для вулканов с наличием постоянной пассивной дегазации концентрации SO_2 в низких слоях тропосферы будут примерно постоянны.

2) стадию роста вулканической активности. Для большинства вулканов рост концентраций диоксида серы будет соответствовать этапу активизации. Определяется момент начала активизации, объёмы дегазации и возможность прогноза относительно дальнейшего развития вулканических процессов.

3) этап активной фазы извержения. На этой стадии возможно определение энергии эксплозивного события рассчитанной по общему объёму дегазации диоксида серы. Для крупных эксплозий будут наблюдаться относительно кратковременные, но значительные по объёму (десятки-сотни килотонн) концентрации диоксида серы в средних и высоких слоях тропосферы. Для преимущественно фреатических, магмато-фреатических и эффузивных извержений будут наблюдаться относительно продолжительные по времени дегазации диоксида серы (объёмом до десятков килотонн) в нижних и средних слоях тропосферы.

Более точные данные могут быть получены в рамках совместной научно исследовательской работы между КФ ГС РАН и ИВиС ДВО РАН (на период 2012-2015 гг.) по созданию автоматизированной наземной сети мониторинга диоксида серы, которая позволит улучшить качество прогноза вулканопасности для территории Камчатки и Курильских островов.

**ПРОГНОЗ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ 8 МАРТА 2012 ГОДА
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Сенюков С.Л., Дрознина С.Я., Кожевникова Т.Ю., Гарбузова В.Т., Нуждина И.Н.

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН
ssl@emsd.ru*

На основе изучения режима активности вулкана Безымянный в период 2000-2011 гг. составлен общий сценарий подготовки вулкана к извержению по сейсмическим данным. Реальная возможность применить его существует только при условии, что вулкан Ключевской находится в спокойном состоянии (на вулкане фиксируется “фоновая” сейсмичность). Использование данного сценария в режиме реального времени демонстрирует успешное применение сейсмических методов в системе комплексного мониторинга вулканов.

8 марта 2012 г. произошло умеренное эксплозивное извержение вулкана Безымянный. Первые признаки сейсмической активизации стали регистрироваться в октябре 2011 г. (~ за 5 месяцев до начала извержения). В январе 2012 г. количество событий увеличилось. Накопленный опыт по наблюдению 12 последних извержений вулкана Безымянный в режиме реального времени позволил 15 февраля 2012 г. сделать прогноз о возможном начале извержения на ближайшие 30 дней, а 3 марта уточнить его на следующие 7 дней. Прогноз успешно оправдался.

В период 2005-2012 гг. для вулкана Безымянный было сделано 10 официальных успешных краткосрочных прогнозов для 12 последних умеренных эксплозивных извержений, при одной ложной тревоге.

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ НА ОСНОВЕ GNSS И НАКЛОНОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ВУЛКАНОВ

Титков Н.Н., Сероветников С.С.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН
nik@emsd.ru, sssu@emsd.ru

Регистрация поверхностных деформаций вулканической постройки и ее окрестностей дает важную информацию для понимания протекающих процессов сопровождающих извержение. Для высокоточных измерений деформаций вулканов используют светодальномерные и GNSS (GPS) наблюдения, повторное нивелирование, применяют деформометры и наклономеры различных конструкций, дистанционные методы по технологии InSAR. Результаты исследований показали возможность применения деформационного мониторинга в целях прогноза извержения вулканов. И на настоящий момент контроль деформаций входит составной частью в существующие за рубежом программы комплексного мониторинга вулканической активности. КФ ГС РАН и ИВиС накоплен большой опыт по мониторингу деформационного состояния активных вулканов, в том числе и непрерывных.

В докладе приводится ряд результатов многолетних наблюдений на геодинамических полигонах в районах вулканов Карымский и Безымянный. Изложено современное состояние сетей наклономерных станций на территории Камчатского края и отражены некоторые результаты ее работы. Дается обзор международного опыта по применению GNSS и наклономерных наблюдений в системах комплексного мониторинга вулканов. Представлены технические предложения для деформационного мониторинга на основе GNSS и наклономерных наблюдений в составе системы комплексного мониторинга вулканов. Рассматриваются возможные режимы регистрации и оперативной обработки данных, в том числе и в реальном времени.

Деформационный мониторинг на основе GNSS и наклономерных наблюдений предполагается выполнять путем сравнения изменений во времени углов наклона пунктов, длин отдельных базовых линий, компонентов и инвариантов тензора деформаций для групп станций и всей сети в целом. По мере накопления статистического материала деформационных наблюдений за подготовкой и процессом извержения конкретного вулкана, появится возможность выполнять прогнозные оценки сроков и мощности готовящегося извержения.

ОБЩИЙ ПОДХОД И МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЭРУПТИВНОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗА ВУЛКАНИЧЕСКИМИ ИЗВЕРЖЕНИЯМИ

Фирстов П.П.¹, Махмудов Е.Р.¹, Мельников Д.М.², Чернева Н.В.³

¹Камчатский филиал Геофизической службы РАН

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

³Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

Перед эксплозивным извержением магма проходит путь от исходного состояния в области магматического очага до ее фрагментации (превращения в газопирокластическую смесь и ее разрушение). Основным летучим компонентом в магматических расплавах является вода, существенно влияющая на характер ее фрагментации. К изучению отдельных эксплозий андезитовых и андезибазальтовых вулканов должен привлекаться комплекс геофизических методов.

1. Фото-видеонаблюдения позволяют рассмотреть динамику развития эруптивного облака, которая характеризует источник энерго и тепломассовыделения. Зависимость высоты верхней границы (Н), всплывающих в атмосфере продуктов тепловыделения (в основном мелкие частицы пепла) на автомодельном участке, от времени характеризует тип источника (импульсный, постоянно действующий) и его геометрию (точечный линейный). Для 14 эксплозивных эруптивных облаков снятых на вулкане Карымском развитие высоты эруптивного облака происходит по закону $H \sim t$ (кольцевой, постоянно действующий) или $H \sim t^{0.75}$ (кольцевой, импульсный). Кольцевой источник предполагает подпитку энергией по периферии эруптивного облака, что, по-видимому, происходит за счет конденсации ювенильного перегретого водяного пара.

2. Эруптивное облако по отношению к окружающей атмосфере можно рассматривать как движущиеся и меняющие свой объем образования, которые возбуждают во внешней среде (атмосфере) акустические волны. Логично рассматривать площадь горячих отложений, возникающих во время плинианского и пелейского типов извержений, как постоянно действующий «мягкий» источник тепловыделения, в результате которого возникает конвективная колонка. В соответствии с конвективным механизмом генерации воздушных волн, их интенсивность и энергия для «мягкого» постоянно действующего источника тепловыделения определяется изменением во времени эффективного объема поднимающейся в атмосфере струи продуктов. Причем энергия акустического источника зависит от скорости тепловыделения в источнике. Такой подход позволил оценить количество пепла выброшенного во время сильных эксплозивных извержений вулканов Безымянный и Кизимен.

3. Как показано в ряде работ при формировании эруптивного облака и его дальнейшего движения происходит его разнополярное заряджение, что приводит к возникновению «вулканических молний», которые генерируют электромагнитный импульс. По данным мировой сети определения месторасположения гроз World Wide Lightning Location Network (WWLLN) можно регистрировать ЭМИ от вулканических молний и определять их координаты в режиме реального времени. Это позволяет в первом приближении оценивать направление эруптивного облака даже в случаях когда спутниковые снимки и визуальные данные отсутствуют. Приведены примеры сопоставления координат ЭМИ со спутниковыми снимками эруптивных облаков от сильных эксплозивных извержений вулканов: Шивелуч, Безымянный и Кизимен.

ОСОБЕННОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
ОТ ЭКСПЛОЗИЙ ВУЛКАНА КАРЫМСКОГО В АВГУСТЕ 2011 Г.

П.П. Фирстов¹, Д. Фи², Е.Р. Махмудов¹, С.Б. Самойленко³

¹Камчатский филиал Геофизической службы РАН

²Геофизический институт Аляскинского университета, г. Фарбанкс, Аляска, США

³Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Исследованы форма и параметры воздушных волн, сопровождавших отдельные эксплозии на вулкане Карымском в августе 2011 г., когда регистрация инфразвуковых сигналов проводилась под руководством Дэвида Фи с помощью антенны из 4 микробарографов с апертурой ~180 м расположенной в 3.8 км от кратера вулкана. Активность вулкана в этот период характеризовалась эксплозиями вулcano-стромболианского типа с широким диапазоном интенсивности - от мощных типа «взрыв», сопровождающихся воздушными ударными волнами (ВУВ), которые ощущались в лагере, до слабых парогазовых «продувок» во время которых генерировалось акустическое дрожание.

Эксплозии умеренной силы сопровождались ВУВ с амплитудой волны сжатия $\Delta P_+ > 1.0 - 8$ Па и длительностью фазы сжатия $\tau_+ = 3.0 - 4.5$ с. На хвосте ВУВ, как правило, регистрировался слабый цуг синусоидальных колебаний с периодом ~ 1 сек и длительностью до 10 секунд, который связан с пульсациями скорости истечения пепло-газовой смеси, обусловленной фрагментацией магмы сразу после разрушения «пробки». Большинство эксплозий сопровождались ВУВ с двумя четко выраженными максимумами в фазе сжатия за счет наложения двух импульсов. По форме записи такие ВУВ напоминают сигнал, регистрируемый при заглубленных взрывах на выброс - первый импульс связан с образованием купола за счет вытеснения грунта в сторону свободной поверхности, а второй с прорывом газов в атмосферу. При этом скорость разлета грунта в эпицентральной области близка к скорости движения свободной поверхности.

Линейный размер «вулканической взрывчатки», при возникновении ВУВ определяет τ_+ и связан с радиусом «рабочей части» подводящего магматического канала, в верхней части которого на первом этапе происходит разрушение «пробки», а на втором после возникновения декомпрессии фрагментация лавы на больших глубинах.

Во время подобной активности вулкана Карымского в 1997-1999 гг. наблюдалась довольно стабильная форма записи ВУВ, в то время как в рассматриваемый период по форме акустические сигналы имели довольно широкие вариации, что связано с вариациями глубины заложения эксплозий и количеством ювенильного перегретого пара выбрасываемого в атмосферу.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ ПОРОД ВУЛКАНОВ ХАРЧИНСКИЙ И ЗАРЕЧНЫЙ

О.А. Хлебородова¹, Н.В. Горбач¹, М.В. Портнягин²

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

²GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany

Харчинский и Заречный вулканы характеризуются резким преобладанием магнезиальных пород и занимают уникальную геодинамическую позицию в области сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. В этой работе представлены новые данные о составе пород и минералов этих вулканов, существенно дополняющие результаты предыдущих исследований (Волынец и др, 1998; 1999).

Все изученные породы генетически можно разделить на две группы, относящиеся к региональной Харчинской зоне шлаковых конусов (лавы), и слагающие постройки вулканов (лавы и дайки). Базальтовые и андезибазальтовые лавы Харчинского и Заречного вулканов характеризуются содержаниями $\text{SiO}_2=49.83-54.25$, $\text{CaO}=7.36-10.69$, $\text{Al}_2\text{O}_3=13.0-16.25$ мас.% и $\text{Mg\#} = 58.9-72.7$ мол.% при значительных вариациях калия $\text{K}_2\text{O}=0.89-2.84$. По петрохимическим признакам можно выделить три группы: 1) магнезиальные базальты шлаковых конусов, вершинных лав и даек, имеющие коэффициент магнезиальности $\text{Mg\#} > 0.65$ мол.%, глиноземистость $\text{al} = \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO} + \text{MgO}) < 0.8$, $\text{SiO}_2 = 50-52.5$ мас.% 2) умеренно-глиноземистые магнезиальные андезибазальты с $\text{Mg\#} = 0.6-0.65$, $\text{al} = 0.8-1.25$, $\text{SiO}_2 = 53-56$ % лав и даек; 3) высоко-глиноземистые андезибазальты зоны шлаковых конусов с $\text{Mg\#} = 0.5-0.54$, $\text{al} > 1.33$, $\text{SiO}_2 = 54-56$ %, которые сходны с породами юго-западного сектора вулканического массива Шивелуч (Волынец и др., 1999; Горбач и др., 2011). Характер вариаций главных элементов в изученных породах не позволяет дать однозначный ответ на вопрос об их комагматичности. С целью уточнения генетических соотношений пород был выполнен детальный анализ состава порообразующих минералов. Анализы выполнены на электронном зонде JEOL JXA-8200 в научном центре GEOMAR (г. Киль, ФРГ). Проанализировано более 1000 зерен оливинов, шпинели, пироксенов, плагиоклаза и амфибола.

По предварительным данным, наиболее интересным результатом детального анализа состава порообразующих минералов является различный состав оливинов в породах вулканов Харчинского и Заречного, а также региональной зоны шлаковых конусов. Вне зависимости от геологической позиции изученных образцов (лавы, дайки, шлаковые и лавовые конуса) оливины характеризуются различным содержанием кальция при близком содержании форстеритовой составляющей. На графике $\text{Fo} - \text{CaO}$ составы изученных оливинов образуют два отчетливых тренда, соответствующим высоко-кальциевым ($\text{CaO} \sim 0.10-0.25$ мас.%) и низко-кальциевым ($\text{CaO} \sim 0.10-0.16$ мас.%) составам. Присутствие высоко- и низко-кальциевых оливинов не коррелирует с валовым составом пород – оливины с различным содержанием кальция встречаются совместно в пределах каждого изученного образца как высоко-Al так и высоко-Mg пород.

Клинопироксены шлаковых конусов Харчинского вулкана, а также пород Заречного вулкана часто имеют сложную зональность и неоднородные текстуры, свидетельствующие о неравновесных условиях кристаллизации. Зональность пироксенов выражена в вариациях диопсидовой составляющей с комплиментарным уменьшением других компонентов. Содержания в разных зонах варьируют – $\text{MgO} = 13-19$ мас.%, $\text{CaO} = 18-24$ %, $\text{FeO} = 3.4-9.3$ %, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.2-6.9$ %, $\text{TiO}_2 = 0.1-1$ %, $\text{Na}_2\text{O} = 0.1-0.5$ %.

Предварительной интерпретацией полученных данных по составу минералов может быть предположение о двухкомпонентном и/или разноглубинном источнике магм вулканов Харчинского и Заречного и региональной зоны шлаковых конусов.

**ОЛИВИНЫ И ПИРОКСЕНЫ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ И ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ
БАЗАЛЬТОВ И АНДЕЗИБАЗАЛЬТОВ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА - ПОКАЗАТЕЛИ
ПРОЦЕССОВ ФРАКЦИОННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В МАЛОГЛУБИННОМ
ПРОМЕЖУТОЧНОМ МАГМАТИЧЕСКОМ ОЧАГЕ (КАМЧАТКА).**

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

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.*

² *Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН.*

³ *Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН*

Изучены петрографические, минералогические и геохимические особенности магнезиальных и высокоглиноземистых базальтов и андезибазальтов доисторических и исторических побочных и вершинных извержений Ключевского вулкана. Их анализ, одинаковые концентрации в распределении главных элементов и элементов примесей (Si, Ni, Cr, Co, Mn, Ca, Ti, Al) в оливинах и пироксенах продуктов вулканических извержений 1938, 1945, 1966, 1994, 2008-2009 гг, значительных по объему (ориентировочно до 1 км³) и продолжительных по времени (до 1,5 лет), в течение одного извержения указывают на процессы фракционной кристаллизации известково-щелочной базальтовой магмы, протекающие в долгоживущем промежуточном магматическом очаге. Мониторинг хронологии вершинного извержения 1994 г, дифференциация составов лав, шлаковых лапилли - от магнезиальных базальтов до высокоглиноземистых андезибазальтов; дифференциация составов закаленных расплавных микровключений в оливинах - от высокоглиноземистых базальтов до андезитов; присутствие в магнезиальных базальтах неравновесных ассоциаций минералов, характерных для мантийных выплавов, свидетельствуют о расслоении промежуточной магматической камеры. Распределения элементов-примесей в магнезиальных и высокоглиноземистых базальтах и андезибазальтах Ключевского вулкана имеют явные признаки островодужных магм и свидетельствуют об их образовании из одного источника. На спайдердиаграммах они характеризуются близкой конфигурацией точек всех элементов-примесей, высокими (избыточными) концентрациями крупноионных литофильных элементов (Ba, K, Sr) и аномально низкими концентрациями высокочarged катионов (Ti, Zr, Nb). Приведенные петрологические данные о существовании магматической камеры под постройкой Ключевского вулкана согласуются с геофизическими данными. В скоростной модели верхней части земной коры, построенной методом сейсмической томографии, под Ключевской группой вулканов выявлен прогиб кристаллического фундамента. Интенсивность аномалий пониженных скоростей продольных (Vp) и поперечных (Vs) сейсмических волн в прогибе, непосредственно под конусом вулкана в интервале глубин 0-7 км, составляет 12-15%. На основе обработки 12500 вулcano-тектонических землетрясений и расчета величины параметра Б-Валье были зафиксированы неоднородности в структуре земной коры на глубинах 0-4 км. под постройкой вулкана, которые могут интерпретироваться как область трещиноватости или высокого порового давления (магматическая камера). В плотностной модели непосредственно под конусом вулкана на глубине 0-5 км установлена зона с относительно пониженной плотностью пород (2,5 г/см³). Протяженность этой зоны составляет около 10 км. Выявленные скоростные и плотностные аномалии в земной коре и петрологические особенности продуктов вулканической деятельности убедительно свидетельствуют о наличии долгоживущего малоглубинного периферического магматического очага под постройкой Ключевского вулкана.

Секция II

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

ТИПЫ ВУЛКАНИЗМА СОВРЕМЕННЫХ ЗОН СУБДУКЦИИ ТИХООКЕАНСКОГО КОЛЬЦА: ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Авдейко Г.П., Кувикас О.В., Палуева А.А.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

В зонах субдукции по условиям магмообразования разными авторами выделяются три типа вулканизма: **флюидный**, **адакитовый** и **NEB**, связанные с разными этапами и режимами субдукции и разными геодинамическими условиями.

1. Наиболее распространенный **флюидный тип** представлен типичными островодужными породами толеитовой и известково-щелочной серий. Он проявляется в условиях стационарного (устоявшегося) режима субдукции при глубине до кровли субдуцирующей плиты от 100 до 200 км. Плавающим субстратом служат истощенные перидотиты мантийного клина, обогащенные некогерентными редкими элементами из субдуцирующей океанической плиты (слэба). Основу субдукционных компонентов составляют крупноионные литофилы (LILE) – Rb, Sr, Ba, а также U, Th, Ba, Cs, Pb, легко мобилизуемые флюидами из субдуцируемого слэба. При более высоких температурах к флюиду добавляется расплав парциального плавления слэба. В некоторых районах, в частности в Курильской островной дуге, известны только породы этого типа, на Камчатке же они составляют более 90% объема. Геохимическим показателем субдукции и участия осадков в субдукционном магматизме является изотоп ^{10}Be , встречающийся в вулканических породах островных дуг (Цветков и др., 1991; Morris, Terra, 1989; Dreyer et al., 2010). Низкие содержания Nb и Ta и, соответственно, наличие глубокого Ta-Nb минимума является характерной чертой флюидного типа субдукционного вулканизма, т.к. Nb и Ta, в соответствии с экспериментальными данными не мобилизуется флюидами.

2. **Адакитовый тип** вулканизма характерен для начальной и, возможно, конечной стадий субдукции при глубине до кровли субдуцирующей плиты 60–90 км. А также встречается при косой субдукции. В этих условиях обеспечивается парциальное плавление слэба на контакте с горячей подсубдукционной мантией. Для адакитов характерно низкое <56% содержание SiO_2 , низкое содержание Y и тяжелых редкоземельных элементов, обусловленных наличием граната и в меньшей степени горнблендита и клинопироксена в источнике. За счет плавления плагиоклаза и наличия титаносодержащих минералов в источнике и остаточной фазе адакитовый расплав характеризуется высоким содержанием Sr и низким содержанием HFSE. Наиболее типичным показателем адакитов является высокое, более 20 Sr/Y отношение. В парциальных выплавках из слэба наблюдается низкое содержание $\text{MgO} < 3\%$. Однако, адакитовый расплав при подъеме взаимодействует с вышележащей мантией, в результате чего отмечаются более высокие содержания MgO вплоть до магнезиальных андезитов, как, например, на о. Адак (Аляска) и на п-ове Камчатского мыса.

3. **NEB тип**, то есть обогащенные Nb, а также Ta базальты часто встречаются в ассоциации с адакитовым типом (Аляска, Центральная Америка, Восточная Камчатка и др.). Плавающим субстратом является горячий перидотит, метаморфизованный расплавом и в меньшей степени флюидом из слэба. Условия для плавления слэба и взаимодействия расплава с вышележащей мантией возникают в начальной и конечной стадиях субдукции. Для пород NEB-типа характерен щелочной состав, высокое содержание некогерентных редких элементов, в том числе ниобия и тантала. От пород флюидного типа их отличает отсутствие Ta-Nb минимума на спайдерграммах порода/MORB, обусловленное плавлением Ti-содержащих минералов, в первую очередь рутила. Щелочной состав пород, связанный с низкой степенью парциального плавления и отсутствие Ta-Nb минимума сближают породы NEB типа с внутриплитными породами океанических островов (OIB).

В докладе будут рассмотрены условия проявления всех трех типов субдукционного вулканизма в Курило-Камчатской островодужной системе.

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАЙОТОВ МАГЕЛЛАНОВЫХ ГОР (ТИХИЙ ОКЕАН)

Акманова Д.Р.¹, Асавин А.М.², Жулёва Е.В.³, Мельников М.Е.⁴,
Рашидов В.А.¹, Чесалова Е.И.⁵

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

²Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва;

³Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва;

⁴ГНЦ «Южморгеология», г. Геленджик;

⁵Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва

Одним из наиболее интересных и изученных районов проявления мелового вулканизма в Тихом океане являются Магеллановы горы. К настоящему времени в районе Магеллановых гор выполнен значительный объем геолого-геофизических исследований и пробурены скважины глубоководного бурения.

Авторы в течение ряда лет занимаются изучением гайотов Магеллановых гор, располагают кондиционными оригинальными данными, полученными в рейсах на судах РАН и МПР РФ, и владеют современными методиками их обработки.

На настоящем этапе со всей актуальностью встает вопрос детального исследования пространственно-временных особенностей проявления вулканизма и выявления закономерностей распределения железомарганцевых образований (ЖМО) в районе Магеллановых гор. Его решение основывается на систематизации и интегрированном анализе всех имеющихся оригинальных данных, доступных литературных источников и материалов из сети Интернет:

- проанализированы результаты геоморфологических и геолого-геофизических исследований гайотов, проведенных отечественными и зарубежными специалистами;
- проведено сопоставление названий гайотов, приведенных в отечественной и зарубежной литературе, оценена степень их изученности и составлен каталог;
- установлено, что в гравитационном поле гайотам соответствуют положительные аномалии в редукции свободного воздуха и отрицательные – в редукции Буге, а в магнитном поле к гайотам приурочены интенсивные (до 900-1000 нТл) отрицательные аномалии, осложненные положительными пиками над вершинами гайотов;
- обобщены сведения об абсолютном возрасте драгированных пород, о стратиграфии осадочной толщи и составе ЖМО, опробованных на гайотах;
- проведена работа по изучению зависимости морфометрических признаков подводных вулканических построек от времени их образования, что позволяет проследить эволюцию их рельефа;
- рассмотрены все имеющиеся точки зрения, объясняющие возможные механизмы образования гайотов;
- выполнено дешифрирование материалов подводного фотопрофилирования для исследования тонкой структуры рельефа склонов гайотов и детальной морфологии ЖМО;
- отмечено, что ЖМО Магеллановых гор развиты на глубинах 1200-5000 м, являются полиминеральными образованиями и относятся к богатым кобальтмарганцевым рудам, принадлежащим как современной, так и древней генерации ЖМО рассматриваемого района Тихого океана.

С помощью разрабатываемой геоинформационной системы «Магеллановы горы Тихого океана» проведено моделирование и выявлены пространственные закономерности распределения ЖМО на гайотах Бутакова и Ита-Майтаи в зависимости от морфометрических признаков и физико-химических характеристик. Полученные модели хорошо согласуются с распределением ЖМО на других детально изученных гайотах Магеллановых гор.

ГЕОДИНАМИКА И КОСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Викулин А.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

В геологической истории нашей планеты есть времена большей или меньшей интенсивности геологических процессов ... Никакого объяснения этих фактов мы не знаем, но едва ли правильна мысль большинства геологов, что причину ее надо искать внутри планеты ...

В.И. Вернадский

Большое количество геологических и физических данных указывают на существование тесной взаимосвязи между процессами, происходящими на Земле и в Космосе. Связующим «космическим» звеном такой взаимосвязи из всех известных четырех типов фундаментальных взаимодействий может быть только гравитация, являющаяся таким универсальным явлением, которое объединяет все части Вселенной не зависимо от их масштаба: «обычные» тела, планеты, звездные системы, галактики и Метагалактику, в целом. Связующим «земным» звеном могут являться ротационные волны, являющиеся для геосреды такими же характерными как сейсмические (упругие) волны. Идея такого подхода к проблеме взаимосвязи земных процессов с процессами, происходящими в космосе, была представлена в работе [Викулин, 2011].

Исходными данными для постановки задачи в такой плоскости являются большие вариации значений гравитационной постоянной и их корреляция с солнечной активностью, квадрупольный характер деформации Земли, в целом, установленный на основании инструментальных изменений силы тяжести на поверхности Земли и угловой скорости ее вращения [Хаин, Халилов, 2009] и ротационные геодинамические волны [Викулин, 2010], являющиеся результатом взаимодействия между собой всех блоков и плит геосреды. В качестве механизма, связующего геодинамические процессы с космическими явлениями, может выступить поверхностное натяжение геоида 10^{19} эрг/см² [Кузнецов, 2008, с. 101] (на много порядков по величине превышающее значения поверхностных натяжений твердых тел и жидкостей $1-10^4$ эрг/см²), являющееся, по сути, балансом между силами тяготения и полем геодинамических движений.

ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД ТВЕРДОЕ ТЕЛО – ЖИДКОСТЬ В БЛОКОВОЙ ГЕОСРЕДЕ КАК МЕХАНИЗМ ИЗВЕРЖЕНИЯ

Викулин А.В.¹, Иванчин А.Г.²

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*
²*ООО ТДМ, Томск*

Сейсмологические данные не подтверждают гипотезу о существовании под действующими вулканами постоянно существующих резервуаров, которые содержат значительные, необходимые для извержения объемы магмы, находящейся в жидком состоянии. Под вулканами отмечаются только аномалии скоростей продольных и поперечных волн, но не отмечается непрохождение поперечных волн. Поперечные размеры каналов, питающих корни вулканов жидкой магмой в случае ее поступления из мантии, как следует из теории теплопередачи, должны составлять несколько толщин «твердой» литосферы, чего также не наблюдается. Противоречивость данных о корнях (очагах) извергающихся вулканов вынуждает исследователей искать новые подходы для моделирования и изучения процессов, связанных с извержениями вулканов.

В наших предыдущих работах [Викулин, Иванчин, 2010, 2011; Иванчин, Викулин, Фадин, 2011] был обоснован механизм достаточного для извержения вулкана выделения тепла в блоковой вращающейся земной коре (литосфере) за счет пластической деформации, происходящей при тектоническом движении блоков по их границам. В настоящей работе механизм плавления за счет пластической деформации получает свое дальнейшее развитие.

Одной из проблем, стоящей перед вулканологией, является задача, которая, по сути, никем не обсуждается – задача и локализации и «хранения» в течение достаточно длительного времени избыточной энергии, необходимой для извержения. Обосновать механизм образования и «хранения» такой энергии в пределах очага, представляющего собой резервуар наполненный жидкостью, в *блоковой литосфере* достаточно трудно. Даже, если допустить, что избыточную энергию каким-то образом удалось сконцентрировать в пределах объема целиком заполненного жидкой магмой, то все равно остается открытым вопрос о «транспортировке» такой энергии из очага к поверхности Земли.

Механизм разогрева породы под вулканом с учетом фазового перехода твердое тело – жидкость снимает эту проблему. Действительно, локальный разогрев, обусловленный пластической деформацией, происходящей при тектоническом движении, вызывает переход твердой фазы в жидкость. Размер локально разогретого объема может быть любым, в том числе и много меньшим длины поперечной сейсмической волны и потому не «видимым». Для реализации предлагаемого механизма необходимо допустить существование в локально разогретой области материала с «нужными» термодинамическими свойствами: температура плавления увеличивается с ростом давления, удельный объем при плавлении уменьшается и литосфера является двухкомпонентной, в которой «легкоплавкие» компоненты окружены «тугоплавкими» компонентами. За счет уменьшения плотности расплавляемой в результате выделения тепла при пластической деформации «легкоплавкой» компоненты в «твердоплавком» матрице формируется упругое поле.

Таким образом, избыточная энергия запасается в твердой «перегретой» фазе, которая при падении давления скачком переходит в жидкое состояние с уменьшением плотности, то есть с увеличением объема. Избыточная энергия фазового перехода твердое тело – жидкость и является источником извержения. Оценки показывают, что она составляет величину порядка 10^{17} Дж (50 мегатонн) на кубический километр.

ВУЛКАНИЗМ КАК ВОЛНОВОЙ ПРОЦЕСС Долгая А.А., Акманова Д.Р., Викулин А.В.

Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН

Имеющиеся данные показывают, что вулканическая активность имеет тенденцию повторяться (Гущенко, 1985), мигрировать (Леонов, 1991; Sauers, 1986; Berg, 1974; Kenneth, 1986; Lonsdale, 1988), группироваться по географическим широтам и долготам (Гущенко, 1983; Федоров, 2002) и по величине (Голицын, 2003; Токарев, 1991; Hedervari, 1963; Tsuya, 1955). Эти данные определили цель настоящего исследования: изучение вулканизма в пределах самых активных поясов планеты: окраины Тихого океана, Альпийско-Гималайского пояса и Срединно-Атлантического хребта, как волнового процесса.

Для изучения пространственно-временных закономерностей вулканической активности авторы с помощью разработанной ранее методики [1] исследовали распределение вулканических извержений в пределах трех названных регионов на плоскостях с осями: расстояние вдоль пояса l ($0 \leq l \leq L_{\max}$) – время t ($0 \leq t \leq T_{\max}$), где $L_{\max}$ – длины поясов, $T_{\max}$ – максимальные по продолжительности каталоги извержений вулканов.

В результате исследования были получены данные, убедительно показывающие, что извержения вулканов в пределах всех изучаемых поясов группируются в миграционные цепочки – последовательно возникающие в пространстве и времени цепи событий. При этом события в цепочках демонстрируют линейную зависимость между временем T их возникновения и координатой вдоль пояса L . Наклон такой линейной зависимости представляет собой скорость перемещения вулканических извержений в пространстве и времени, т.е. скорость миграции V вулканической активности.

В пределах всех энергетических диапазонов для всех изучаемых регионов выявляется большое количество миграционных цепочек, что позволяет с уверенностью считать, что миграция является характерным свойством вулканической активности Земли.

В результате дальнейшего анализа полученных данных о миграции вулканических извержений было выявлено, что логарифмы скоростей миграции извержений вулканов $\lg V$ в пределах изучаемых поясов вполне определенным образом зависят от энергетической характеристики событий W . Полученные зависимости имеют линейный обратно пропорциональный характер, то есть с увеличением энергии событий скорость их миграции уменьшается, что объясняется, по-видимому, растягивающими напряжениями, создаваемыми внедряющейся из глубины магмой в пределах всех вулканических поясов. Выявленная зависимость между скоростными и энергетическими характеристиками вулканического процесса подтверждает выдвинутое авторами предположение о его волновой природе.

Проведенные авторами исследования позволяют обоснованно рассматривать вулканическую активность, распространяющуюся с определенной скоростью, как проявление волнового вулканического процесса.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН 12-III-A-08-164.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

А.Г. Зубов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Вулканические проявления на поверхности являются следствиями тепловых и геодинамических процессов в мантии. Последние энергетически подпитываются тепловыми потоками из ядра. Возникает очень волнующий вопрос — как всё это устроено и работает? Ядро столь глубоко, что узнать что-либо о его устройстве позволяют пока только сейсмические методы. Ядро является источником геомагнитного поля (ГМП), и изучая тонкую структуру последнего, теоретически по ней можно было бы получить информацию об особенностях структуры ядра. Однако, теория ГМП пока ещё не позволяет это осуществить. Знания о распределении элементов ГМП на поверхности Земли недостаточны чтобы узнать о локализации его источников в глубине. Эта задача неоднозначная, и какие-то решения возможны через модельные построения. А модели могут возникать из общих представлений о механизмах работы генератора ГМП, которые находятся пока в стадии гипотез. Лидирующей и наиболее развитой гипотезой о происхождении ГМП в настоящий момент является теория гидромагнитного динамо. Но нельзя утверждать, что потеряли значение и другие гипотезы о ГМП. Хотя они и были в своё время подвергнуты активной критике, они до сих пор не опровергнуты.

Одной из первых попыток решения задачи генерации ГМП была гипотеза о её термоэлектрической природе. Американский физик Ельзассер выдвинул её ещё в 1939 году в результате наблюдений за проявлениями магнитных полей на Солнце. Согласно этой гипотезы генератор ГМП состоит из вращающихся вихревых колец, создаваемых движением разогретых и остывших масс вещества в жидком проводящем слое ядра Земли. Эти кольца, по его представлениям должны иметь ось вращения почти параллельную оси Земли и создавать магнитный момент вдоль своей оси. Набор таких колец со своими магнитными моментами в сумме должен составить центральное осевое ГМП. Но эта гипотеза не объясняет причин инверсий ГМП.

В данной работе рассматриваются возможности применения термоэлектрического эффекта для объяснения не глобального ГМП, а только его вековых вариаций, то есть уверенно инструментально выявляемых колебаний ГМП в диапазоне сотен-тысяч лет. Это рассмотрение привело к следующим выводам:

1. Если в ядре образуются замкнутые конвективные ячейки, то вертикальные движения в них должно происходить по поверхности конуса, проходящего через одну из параллелей и центр Земли. То есть это не вихревые кольца с осью, параллельной оси Земли, как у Ельзассера.
2. Одинокая капля (или колонна) вещества с отличной от среды температурой может создавать на неоднородностях проводящей среды с вертикальной стратификацией распределение термоэлектрических токов, создающих тороидальное магнитное поле, не проявляющееся на поверхности Земли.
3. Пара капель (или колонн) вещества, горячая и холодная, могут создать на неоднородностях проводящей среды с вертикальной стратификацией распределение термоэлектрических токов, создающих магнитное поле, описываемое в первом приближении как магнитный диполь с центром между каплями и ориентированный ортогонально вертикальной плоскости, содержащей эти капли. Проще говоря, это горизонтальный магнитный диполь. И он создаёт локальные нарушения структуры центрального осевого магнитного диполя.
4. Предполагается, что вековые вариации создаются дрейфом таких магнитных диполей преимущественно вдоль параллелей.

5. Если эта модель близка к истине, то анализируя данные об элементах геомагнитного поля на поверхности, можно найти эпицентры расположения этих магнитных диполей и их ориентацию. По этим данным можно получить примерные координаты восходящих и нисходящих потоков в жидком ядре.

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ СТРУКТУРЫ СЕЙСМОФОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОСТРОВНЫХ ДУГ

Ившин В.М.¹, Ившина Е.В.²

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*
ivi@ksnet.ru

²*ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Московская обл., Ленинский р-н, п. Развилка, 142717;*
E_Ivshina@vniigaz.gazprom.ru

В предлагаемом докладе представлены новые результаты исследования, которому ранее был посвящен доклад "О причине кривизны островных дуг" на IV Всероссийском симпозиуме по вулканологии и палеовулканологии в 2009 г. и доклад "Механизм образования сейсмических брешей" на ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога, в 2010 г. В этих докладах рассматриваются результаты наблюдения за изменением тектонического давления в вулканическом поясе Курило-Камчатской дуги с помощью геомеханического датчика, созданного в скальном массиве на территории г. Петропавловск-Камчатский. Выводы, сделанные в докладах, основаны на представлении об изгибе островной призмы, расположенной между вулканическим поясом и глубоководным желобом до и после землетрясений в сейсмофокальной зоне.

В настоящем докладе выводы базируются не только на изгибе островной призмы, но и на ее кручении. В нем доказывается, что изгиб островной призмы на вулканическом поясе как на упругом основании и ее кручение приводит к двухслойному расположению очагов землетрясений на глубинах ниже центра тяжести поперечного сечения островной призмы, который на Камчатке, как следует из сделанных оценок, расположен на глубине около 40 км.

В докладе доказывается также, что из-за изгиба и кручения островной призмы сейсмическая активность в ее поперечном сечении должна иметь два максимума: один – в центре тяжести, другой – на небольшой глубине недалеко от глубоководного желоба.

Возникающая вследствие изгиба и кручения островной призмы структура ее поперечного сечения в докладе сравнивается с поперечными разрезами сейсмофокальной зоны, которые построены в статье С.А.Федотова "О механизме вулканической деятельности на Камчатке, Курило-Камчатской дуге и в сходных структурах", опубликованной в первом томе широко известной книги "Действующие вулканы Камчатки".

ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКИХ ВУЛКАНИТОВ СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИАТСКОЙ ОКРАИНЫ И ПРОБЛЕМЫ СУБДУКЦИОННОЙ ГЕОДИНАМИКИ.

Колосков А.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

В работах как отечественных, так и зарубежных ученых накоплен обширный материал по изотопно-геохимическому составу проявлений позднекайнозойского вулканизма в отдельных районах Курило-Камчатской островодужной системы и Беринговоморского региона (Kay et al., 1978; Davis et al., 1993; Yogodzinski et al., 1993, 1994, 1995; Moll-Staleap, 1995; Kersting, Arculus, 1995; Tatsumi et al., 1995; Johnson et al., 1996; Kepezhinskis et al., 1997; Волынец и др., 1997; Апт и др., 1998; Turner et al., 1998; Dorendorf et al., 2000; Churikova et al., 2001; Bindeman et al., 2004; George et al., 2004; Jieda et al., 2004; Akinin et al., 2005; Portnyagin et al., 2005; Федоров, 2006; Volynets et al., 2010). При этом обобщающие работы не столь многочисленны (Волынец и др., 1988; Фролова и др. 1989; Чурикова и др., 2001; Филатова, 2002; Федоров, 2006; Volynets et al., 2010).

В отношении Камчатки наиболее распространенной является 3-х компонентная модель интерпретации изотопных данных (Чурикова и др., 2001; Volynets et al., 2010), одним из компонентов которой является мантийный источник типа N-MORB, второй – отражает состав флюида, отделяющегося от поддвигаемой океанической плиты, а третий – образовался при смешении с обогащенным мантийным резервуаром.

Однако эта модель не касается особенностей пространственно-возрастного происхождения отдельных изотопных аномалий.

Повышенная радиогенность Sr, высокие отношения $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ и $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (при фиксированных значениях $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) большой группы вулканических пород на западной окраине Пацифики иногда рассматриваются в рамках известной DUPAL - аномалии Южной Хемисферы (Hart, 1988). Обобщенная картина для границ этой аномальной зоны была представлена в форме «Тихоокеанской и циркум-Тихоокеанской DUPAL-области» в статье (Филатова, 2002). Кроме того, в одной из работ (Machida et al., 2009) были намечены контуры двух мантийных изотопных аномалий так, что Камчатка и Курилы отошли к Индоокеанскому, а Алеуты в большей своей части – к Тихоокеанскому домену.

Цель настоящего сообщения – попытаться выяснить причины возникновения локальных изотопных аномалий (Sr, Nd, Pb) на рассматриваемой территории в рамках известных моделей глубинного магмообразования.

Анализ материалов по Sr-изотопному составу четвертичных вулканитов Камчатки и сопредельной территории позволил выявить два типа аномалий: I-типа со значениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \sim 0,7027$ - $0,7032$ и II-типа со значением $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0,70332$ (Колосков, 2001, 2009).

Первый тип соответствует границам окраинных морских бассейнов (Беринговоморскому) или контурам глубоководных впадин этих бассейнов (Курильская котловина) и по времени отвечает периоду образования этих мега-структур. Второй тип выявлен в пределах самой Камчатки и является, по-видимому, более древним, унаследованным еще с верхнемелового времени.

С использованием известных (Hofmann, 1997) дискриминационных диаграмм для разделения изотопных составов Индоокеанских (I-MORB) и Тихоокеанских (T-MORB) базальтов срединно-океанических хребтов были проанализированы данные по позднекайнозойским вулканитам Курило-Камчатского и Беринговоморского регионов.

В целом подтвердилась представленная в (Machida et al., 2009) картина сосуществования двух мантийных доменов, дополненная данными о локальных Sr-изотопных аномалиях.

Таким образом, в изотопном составе Камчатских и Курильских вулканитов главенствующее положение играет источник типа I-MORB, в противоположность Командорско-Алеутской островной дуги с мантийным источником типа T-MORB.

Эти данные трудно объяснимы с позиций традиционных моделей коллизионного и субдукционного процессов. Более перспективными в этом плане представляются построения плюмовой геодинамики, развиваемые для рассматриваемых регионов в работах (Акинин, Апт. 1997; Филатова, 2002; Колосков, 2009).

О ПРЕДВЕСТНИКЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ПРОЯВЛЯЮЩЕМСЯ В ИЗМЕНЕНИЯХ УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНЕ Е-1, КАМЧАТКА

Копылова Г.Н., Сизова Е.Г.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН

Представлены результаты анализа проявления предвестника в изменениях уровня воды в скв. Е-1 с учетом имеющихся уточнений параметров землетрясений Камчатки – величин их магнитуды и координат гипоцентров. В [Копылова, 2001, 2008] было показано, что предвестник в форме увеличения скорости понижения уровня воды в течение первых недель – месяцев наблюдается примерно перед 70% землетрясений с $M \geq 5.0$ в радиусе до 350 км от скважины. Ретроспективные оценки эффективности предвестника для периода наблюдений 1987-1998 гг. составили $I=1.8$ при прогнозе землетрясений с $M \geq 5.5$; при повышении порога магнитуды до $M \geq 6.6$ величина I возрастала до 2.7 (величина I показывает, во сколько раз использование предвестника может улучшить прогнозирование рассматриваемых землетрясений, по сравнению со случайным угадыванием). Для периода наблюдений 1996-2007 г. $I = 3.2$ при прогнозе землетрясений с $M \geq 5.0$; обнаружена тенденция увеличения времени предвестника (T_p) и заблаговременности его проявления по отношению к моменту землетрясения (T_a) от величины M . [Копылова, 2008]

Методика работы. Данные регистрации уровня воды с 23.10.1996 по 05.02.2012 гг. представлены восемью фрагментами длительностью 144-835 сут (общая продолжительность наблюдений 3777 сут). Для каждого фрагмента выполнялась компенсация баровариаций и тренда в изменениях уровня, приведение компенсированных рядов к дискретизации 1 сут, затем осуществлялся переход к первым разностям. Полученные ряды показывают вариации скорости изменения уровня воды за сутки. В качестве предвестника принималось понижение уровня со скоростью ≤ -0.07 см/сут в течение не менее 5 сут.

Для оценки параметров произошедших землетрясений использовались данные каталогов NEIC (величины магнитуды $M_w(m_b) \geq 5.0$) и регионального каталога КФ ГС РАН (координаты гипоцентров). В результате была сформирована выборка из 129 землетрясений с $M \geq 5.0$, произошедших на расстояниях до 360 км от скважины. При возникновении группы землетрясений в течение времени до одного месяца (рои, афтершоки, независимые землетрясения), они объединялись в одно «сейсмическое событие», которому присваивалась максимальная величина магнитуды в группе. Всего выделено 55 «сейсмических событий», в которые входят от 1 до 31 землетрясения. Если во время развития предвестника или после его окончания происходило «событие», то оно сопоставлялось с соответствующим проявлением предвестника. В других случаях понижение уровня воды со скоростью ≤ -0.07 см/сут относилось к «ложной тревоге».

Цель анализа – уточнение величины сейсмопрогностической эффективности предвестника по отношению к землетрясениям различного магнитудного уровня и параметров предвестника – его продолжительности, заблаговременности и других характерных особенностей.

Результаты анализа. Из 55 событий с $M \geq 5.0$ предвестник наблюдался перед 23 ($P=23/55=0.42$). Отношение «времени тревоги» к общему времени наблюдений составляет $836 \text{ сут}/3777 \text{ сут}=0.22$. Ретроспективная сейсмопрогностическая эффективность предвестника $I=0.42/0.22=1.9$. Если рассматривать «события» с $M \geq 5.5$ (всего 21), то предвестник проявлялся перед 12-ю ($P=12/21=0.57$, $I=2.6$). Для событий с $M \geq 5.9$ (всего 11) предвестник проявлялся перед 8-ю ($P=8/11=0.73$, $I=3.3$). Параметры предвестника: продолжительность $T_p=8-70$ сут, заблаговременность $T_a=10-127$ сут, время от окончания предвестника до момента землетрясения $dT=-56 - 82$ сут.

Обсуждаются проблемы использования предвестника для среднесрочного прогнозирования сильных землетрясений Камчатки в реальном времени.

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ
ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
Мороз Ю.Ф., Самойлова О.М.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
morozyf@kscnet.ru

В последние годы на Южной Камчатке выполнены исследования методами магнитотеллурического (МТЗ) и магнитовариационного (МВЗ) зондирования по профилю, проходящему в районе вулканов Ходутка, Асача, Мутновский, Горелый. Анализ МТЗ и МВЗ выполнен с привлечением трехмерного численного моделирования магнитотеллурического поля. Изучено влияние берегового эффекта. Определена методика интерпретации МТЗ и МВЗ применительно к сложной геоэлектрической структуре юго-восточного побережья Камчатки. В МТЗ для погашения влияния локальных приповерхностных геоэлектрических неоднородностей использована методика конформного осреднения кривых кажущегося электрического сопротивления. Для изучения электропроводности литосферы в качестве основных приняты продольные кривые МТЗ, ориентированные вдоль Камчатки. Эти кривые по данным пробных моделей в лучшей мере отражают распределение электропроводности среды до периодов вариаций 400 с. Поперечные кривые использованы для уточнения полученной геоэлектрической модели. Интерпретация МТЗ и МВЗ выполнена с привлечением данных аэромагнитной съемки, гравиметрии, теплового потока, гидротермальных проявлений, оруденения и другой геолого-геофизической информации. Полученный геоэлектрический разрез выглядит следующим образом. До глубин в первые километры существует зона пониженных значений удельного электрического сопротивления, характеризующая осадочно-вулканогенный чехол. В средней части профиля до глубин в первые десятки километров выделяется субвертикальная аномалия повышенного электрического сопротивления в сотни-первые тысячи Ом·м. К этой аномалии приурочены вулканы Асача и Мутновский. Предполагается, что повышенные электрические сопротивления связаны с глубинным разломом, насыщенным магматическими породами. Наличие в земной коре магматических пород находит отражение в виде аномалии повышенной интенсивности поля силы тяжести и возмущенного магнитного поля. В северной части профиля в земной коре на глубинах 20-40 км выделяется аномалия пониженного удельного электрического сопротивления в первые десятки Ом·м. К краям аномалии приурочены вулканы Горелый и Ключевской. Природа аномалии связывается с наличием магматических расплавов и гидротермальных растворов. Аномалия находит выражение в пониженной интенсивности поля силы тяжести. Возмущенный характер поля обусловлен присутствием в верхней части разреза вулканогенных пород. Выявленная аномалия повышенной электропроводности находит подтверждение в виде зоны пониженной сейсмической скорости по данным сейсмотомографии. В районе аномалии повышенной электропроводности на поверхности отмечаются выходы гидротермальных источников и рудопроявления.

В южной части профиля выделяется аномалия пониженного удельного электрического сопротивления в первые десятки Ом·м на глубинах 30-50 км. В верхней части земной коры отмечается повышение удельного электрического сопротивления до 1000 Ом·м. К границе выделенных аномалий приурочен вулкан Ходутка. Предполагается, что аномалия повышенной электропроводности связана с магматическими расплавами, а аномалия пониженной электропроводности с насыщенностью верхних частей земной коры магматическими породами. Выявленные аномалии находят отражение в поведении магнитного поля и поля силы тяжести.

О ВАРИАЦИЯХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ КАМЧАТКИ

Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
morozyf@kscnet.ru

По данным многолетнего мониторинга исследованы синхронные вариации геоэлектрического и геомагнитного полей в obs. «Паратунка», «Карымшина» и в пп.Шипунский, Тундровый. Наряду со структурой вариаций электромагнитного поля изучены магнитотеллурический импеданс и магнитный типпер.

Полученные результаты сводятся к следующему.

1. Выявлены основные особенности в поведении годовых вариаций геоэлектрического и геомагнитного полей. Установлено, что годовые вариации геоэлектрического поля имеют интенсивность до 100 мВ/км, геомагнитного – до 20-30 нТл. Годовые вариации этих полей подобны. Однако анализ показал, что годовые вариации геоэлектрического поля не могут быть индуцированы вариациями геомагнитного поля, вызванного внешним ионосферным источником. Годовые вариации электрического поля имеют внутриземное происхождение. Они могут быть связаны с электрохимическими, электрокинетическими, фильтрационными и другими процессами, протекающими в Земле. Годовые вариации, по-видимому, вызваны изменением активности этих процессов в зависимости от сезонного поступления солнечной энергии, влияющей на температурный режим приповерхностных частей земной коры. За счёт этого напряжённость геоэлектрического поля меняется в течение года до 100 мВ/км.

2. В пунктах наблюдений электрического поля в поведении магнитотеллурического импеданса (комплексное электрическое сопротивление среды) выявлены годовые вариации. Они в лучшей мере выражены в модуле импеданса на периоде 500 с, где их амплитуда составляет около 30%. На периодах 1000 и 3000 с амплитуды вариаций модуля уменьшаются. В поведении фазы импеданса годовые вариации проявились слабо. Их амплитуда не превышает точности измерений фазы. Это свидетельствует, что годовые вариации импеданса в п. Шипунский в большей мере связаны с изменением электропроводности локальных геоэлектрических неоднородностей приповерхностных частей земной коры.

3. В obs. Паратунка изучена динамика электропроводности литосферы с помощью магнитного типпера. Для анализа использованы вещественные и мнимые индукционные стрелки. В поведении модуля мнимых индукционных стрелок на периодах 1000 – 3000 с хорошо выражены годовые вариации. В поведении вещественных индукционных стрелок годовые вариации практически не выражены. Это свидетельствует, что годовые вариации в мнимых индукционных стрелках на периодах 1000 – 3000 с связаны с индукцией электрических токов в коровом проводящем слое, который фиксируется на кривых МТЗ в виде минимума кажущегося электрического сопротивления на указанных периодах. Предполагается, что годовые вариации электропроводности литосферы могут быть вызваны обращением Земли вокруг Солнца, в результате которой проявляется годовая цикличность в изменении трещиноватости литосферы, степени насыщенности гидротермальными растворами и степени их минерализации.

Секция III

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

Вулканогенное рудообразование.

Новые методы и методология исследований.

АЛМАЗЫ КАМЧАТКИ

Дунин-Барковский Р.Л.¹, Васильев Г.Ф.², Аникин Л.П.¹

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

²Администрация г. Петропавловска-Камчатского

knn@kscnet.ru

Алмазоносность Камчатки с 50-х годов прошлого века привлекала внимание многих исследователей.

Первые 8 удлинённых кристаллов алмаза размером десятые доли мм установлены Кутыевым Ф.Ш. в 1971 году в пробе базальтоидов влк. Ичинский. В 1977 г. на территории массива Филиппа (Срединный хребет) Долматов Б. К. и Байков А.И. обнаружили осколок гексагонального алмаза лонсдейлита, размером 0,5 мм. В 1978 г. Шеймович В.С. и Патока М.Г. в шлихах у влк. Алмазный (Срединный хр.) обнаружили несколько зёрен алмаза размером 0,1 мм. В 1993 г. при обработке «авачита» из ручья Мутного (северный склон влк. Козельского) Аникин Л.П., Байков А.И. и Дунин-Барковский Р.Л. установили более сотни обломков и сростков алмаза карбонадо размером от 0,1 до 2,7 мм. Минерал подтверждён рентгеном, люминесцирует в у/ф лучах. Распределение его в «авачите» неравномерное. Ассоциирует с оливином, хромдиопсидом, хромшпинелью и карбидами кремния. КТГФ выдал авторам Справку №12 о первооткрывательстве. В 90-х годах прошлого века В.С. Шеймовичем установлено несколько трубообразных тел - диатрем в Петровской сопке. В 2001-4-м годах нами в массиве г. Острой установлен комплекс кимберлитовых минералов (оливин, гранат, хромдиопсид, шпинель, карбиды кремния). Проведение шлихования берегов Култушного озера в 2001–2003г.г., совместно со студентами КамГУ им. Витуса Беринга, также выявило минералы кимберлитового генезиса. Култушное озеро, вероятно, состоит из двух диатрем. В январе 2011 г. при шлиховании ручья Мелькомбинатского (Центр Города) мы установили бесцветный октаэдрический кристалл алмаза размером 0,2 мм.

С 1976 года мы ведём эксперименты по кристаллизации алмаза на затравках. Температура до 100 С, давление нормальное, среда - водный раствор кислот, шихта, - графит. Имеется Авторское свидетельство №1522789. В 2006 г. ИВиС ДВО РАН за эти работы награждён **золотой медалью** на Международном инновационном Салоне.

По генезису алмазов имеется несколько теорий, подтверждённых многочисленными работами. Согласно Диаграмме Овсея Ильича Лейпунского, синтез алмаза осуществим из углеродных материалов при температуре свыше 1300 С в расплаве металлов и давлении десятки (до сотни) тысяч атм. Это главный метод получения технических алмазов. По другой теории алмазы могут расти при 700 С, пониженном давлении из углеводородов. По нашим методикам дорастивание алмаза ведут при 100°С, нормальном давлении в растворе кислот. Скорость мала (0,1 мм в неделю). Но это позволяет создавать наноразмерные алмазные композиты и устройства.

Исследованиями камчатских геологов и нашими работами Камчатка стала алмазоносным регионом. На Камчатке нами впервые установлен ультратонкий алмазный материал с уникальными свойствами. В дополнение к тому, что Камчатский край богат золотом, платиной, осмиридами, медью, титаном, ванадием, углем с германием, газом, нефтью, питьевой водой и широким набором минеральных вод.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ГЛИН
ПАУЖЕТСКОГО И НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
В СВЯЗИ С ИЗУЧЕНИЕМ СОСТАВА МЕТАЛЛОНОСНЫХ
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ**

Карташева Е.В., Кузьмина А.А., Королева Г.П., Чернов М.С.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Предложен способ получения водных вытяжек из разнообразных глин в условиях аналитического центра ИВиС ДВО РАН и в полевых условиях с учетом естественной влажности объектов исследования. Описаны критерии подбора условий и особенности разделения фаз центрифугированием при извлечении подвижных компонентов. Показана работа влагомера «Zhimadzu» в аналитическом центре ИВиС ДВО РАН. Первые результаты анализа полученных вытяжек в АЦ ИВиС ДВО РАН и Институте геохимии СО РАН (Иркутск) свидетельствуют о возможности выделения рудных геохимических барьеров в толще гидротермальных глин зон разгрузки восходящих парогидротерм Паужетского месторождения.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛОГИИ РУД АСАЧИНСКОГО ЭПИТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

Округин В.М., Ким А.У., Москалева С.М., Округина А.М.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Асачинское вулканогенное эпитеpmальное жильное кварц-адулярового типа (LS - низко-сульфидное) месторождение, принадлежит к числу наиболее крупных и сравнительно хорошо изученных золото-серебряных объектов Камчатского края. Месторождение состоит из серии сближенных крутопадающих меридиональных жильных зон мощностью первые метры и протяженностью до километра и более. Возраст месторождения 4.1-1.2 Ма и оно относится к числу полихронных и полигенных рудных объектов. На его базе в ноябре 2011 года стал действовать Асачинский ГОК. Наступила новая фаза в изучении месторождения.

Авторами выполнены комплексные ревизионные исследования минерального и химического составов руд, химизма важнейших рудных и жильных минералов, а также «проблемных» фаз с помощью рентгеноспектрального с электронным зондом микроанализа (аналитическая система Camebax, укомплектованная новейшим энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 80), ICP, AAS в сочетании с методами классической минералогии и минераграфии.

Детально изучены формы нахождения в рудах (собственные минералы или вхождение в виде элемента-примеси в структуру другого минерала-хозяина) следующих химических элементов: **золото** (электрум, высокопробное золото, ютенбогардит, петцит, сложные кислородные соединения с Fe, S, Pb, Bi); **серебро** (аргентит, гессит, науманит, агвиларит, блеклые руды, электрум, ютенбогардит, Se-содержащий стибиопирсеит-арсенполибазит, прустит?, петцит, кюстелит, самородное серебро, галогениды - эмболит, бромаргирит, сложные кислородные соединения с железом, серой, свинцом); **селен** (науманит, агвиларит, Se-содержащий галенит); **теллур** (петцит, гессит, блеклые руды); **мышьяк** (блеклые руды, стибиопирсеит-арсенполибазит, As-содержащий пирит).

Показано, что неоднородное по своему химическому составу самородное золото (Au 24-80%) пользуется преобладающим распространением по сравнению с однородным. Золото свободное не уступает в своем развитии золоту связанному. Связанное золото участвует в формировании трех минеральных ассоциаций: - золото-селенид-сульфосолевой; - золото-сульфидной; - золото-оксидной. Количество свободного золота увеличивается в золото-сульфидной ассоциации. Золото-сульфидная ассоциация установлена в керне поисково-разведочных скважинах на глубинах 150-170 м. Главный минерал этой ассоциации халькопирит, в резко подчиненных количествах As-содержащий пирит, Se-содержащий галенит. Среди нерудных кварц занимает первое место.

Золото-селенид-сульфосолевая ассоциация обладает наиболее широким спектром минералов, включая такие экзотические фазы как ютенбогардит, Se-содержащий стибиопирсеит-арсенполибазит. Рудные тела, в строении которых преимущественным распространением пользуются минералы этой ассоциации, характеризуются самыми высокими содержаниями золота, серебра, селена, а так же щелочных металлов, таких как калий, литий, рубидий и цезий. В отдельных случаях количество калия достигает 7-9%. Адуляр - главная минеральная форма калия. В этой минеральной ассоциации адуляр представлен двумя разновидностями: однородный (без признаков зональности) и неоднородный. Неоднородность обусловлена локальным концентрированием бария (максимальные содержания 4-5%), образующим отдельные зоны внутри идиоморфных, как правило, кристаллов. Главные запасы золота на данный момент сосредоточены в жильной зоне №1, сложенной минералами всех трех ассоциаций. С глубиной количество адуляра резко уменьшается вплоть до исчезновения. Жильная зона №19 отличается от главной (№1) примитивным минеральным составом и отсутствием адуляра.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ МУТНОВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КАМЧАТКА) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Кириухин А. В., Мирошник О.О.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
LeL89@yandex.ru

Эксплуатация Мутновского геотермального месторождения с установленной мощностью ГеоЭС 62 МВт чрезвычайно важна для развития энергетики Камчатки с использованием возобновляемых теплоэнергетических ресурсов. Кроме того, полученный опыт может использоваться при разработке других крупных геотермальных месторождений Курило-Камчатского региона, понимания связи вулканической, гидротермальной деятельности и рудообразования. Процесс эксплуатации месторождения и связанные с ним явления требуют всестороннего гидрогеологического анализа, в том числе использования моделирования с целью совершенствования методики геологоразведочных работ на теплоэнергетические воды, включая методы оценки их ресурсов и эксплуатационных запасов.

Исходная термогидродинамическая модель Мутновского геотермального месторождения собрана в 1991 г. в Лоуренсовской Беркелевской Лаборатории (США) с использованием вычислительной программы TOUGH2. В 2011 г. модель 1996 г. была заново собрана с использованием препроцессора PetraSim v.5.0. Для калибровки модели используются среднемесячные значения энтальпии добычных скважин 26, 016, 01, 1, 24 за период 1984-2006 гг. Использование энтальпии в качестве основного калибровочного параметра вызвано тем, что она периодически заверяется прямыми измерениями и объемно отражает характеристику продуктивных зон, вскрытых добычной скважиной. В качестве оцениваемых при калибровке модели параметров выбраны трещинные проницаемости по добычным скважинам 26, 016, 01, 1, 24, трещинные пористости по скважинам 26, 016 и расходы реинжекции по скважинам 027, 07, 043N, 054N. Для прямого моделирования использована программа TOUGH2 с модулем уравнения состояния EOS1 (две фазы: пар+жидкость, один компонент – вода). При проведении прямого моделирования с использованием исходной модели получены значительные отклонения модельных энтальпий добычных скважин от фактических значений. Отклонения связаны с чрезмерно быстрым охлаждением резервуара на этапе эксплуатации 2000-2006 гг.

В связи с этим возникла необходимость уточнения параметров исходной модели. Для этих целей применялась программа iTOUGH2- EOS1. В результате инверсионного iTOUGH2 моделирования выполнена оценка 13-ти параметров модели и существенно улучшена сходимость модели с фактическими данными по изменению энтальпии группы добычных скважин 26, 016, 01, 1, 24 в процессе эксплуатации. Наиболее чувствительными модельными параметрами оказались расходы реинжекции по четырем группам реинжекционных скважин, которые по результатам оценивания методами инверсионного моделирования составляют 0-12% от принятых. Моделирование также показывает, что в процессе эксплуатации к 2006 г. происходит расширение области двухфазного состояния в диапазоне глубин -250 - +250 м абс, снижение давления (до 12 бар) и температуры (до 6°С), увеличение паронасыщения (до 0.18) в центральной части месторождения (скв. 029W). Модуль состояния флюида EOS1 позволяет рассматривать двухкомпонентную систему (вода+трассер) и двухфазное состояние. В качестве трассера рассматривался хлор-ион. Добычные пароводяные скважины и горячий источник Нижне-Жировской показывают тенденцию снижения хлор-иона. Воспроизведение на модели изменения концентрации хлор-иона в добычной скв. 029W и по Нижне-Жировскому источнику согласуется с доступными гидрохимическими данными.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ
АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ В
РАМКАХ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ВУЛКАНИЧЕСКИХ
ИЗВЕРЖЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ

Махмудов Е.Р.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН
mer@emsd.ru

Флуктуации атмосферного давления, которые регистрируются микробарографами наземного базирования, являются надежным источником информации о волновых возмущениях в атмосфере. Генерация акустических и акустико-гравитационных волн происходит в результате процессов как в нижней стратосфере (диссипативные процессы полярных и экваториальных электроджетов, нагрев атмосферы при полярных суббурях и т.п.), так и в тропосфере (прохождение фронтов, развитие циклонов, тайфунов, возникновение торнадо). Высокоэнергетические процессы, протекающие в литосфере (цунами, землетрясения, вулканические извержения), также порождают волны в атмосфере, изучение которых представляет большой интерес для понимания процесса взаимодействия этих двух различных сред.

Результатом проведенной работы стала информационная система, позволяющая классифицировать получаемые данные о выявленных сигналах и, впоследствии, иметь легкий доступ к их характеристикам, азимутальному направлению на источник, волновым формам и т.д.

СУЛЬФИДЫ КРАТЕРНОЙ ЗОНЫ ВУЛКАНА МОЛОДОЙ ШИВЕЛУЧ
(ПАРАГЕНЕЗИС, МАКРО- И МИКРОСОСТАВ)

Вергасова Л.П., Назарова М.А., Философова Т.М.,

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Вулкан Шивелуч – самый северный и один из самых активных вулканов Камчатки. Деятельность вулкана характеризуется мощными эксплозиями, ростом экструзивных куполов и длительным газоотделением. Главное событие каждого эруптивного цикла – катастрофическое эксплозивное извержение с массовым (до 1.5-2 км³) выбросом ювенильной пирокластики. Состав изверженных пород – роговообманковые андезиты.

В результате кратковременного, но очень мощного извержения в ноябре 1964 г. на месте старых куполов Кратерной вершины – арены современной активной жизни вулкана Молодой Шивелуч, образовался открытый к югу большой кратер Новый, который характеризовался интенсивной фумарольно-сульфатарной деятельностью. Изучались сульфиды железа из отложений фумарол межэруптивного периода покоя вулкана Молодой Шивелуч после катастрофического извержения в 1964 г., вплоть до эпизода куполообразования в 1980 г. В этот период поля современных газогидротерм пространственно были приурочены к Центральной Активной и Западной воронкам - боккам, а также к молодому андезитовому куполу Суелич. Местом отбора исследуемых новообразований являются вышеупомянутые воронки - бокки в пределах северного обвально-взрывного кратера (Кирсанова, Рожков, 1975; Мелекесцев и др., 2004) и на агломератовом потоке у подножия купола Суелич. Образование сульфидов железа является характерной особенностью эксгаляционной минерализации около выходов газа кратерной зоны вулкана Молодой Шивелуч. Изучение сульфидов железа и сопутствующих новообразованных минеральных фаз проводилось с использованием комплекса взаимоконтролирующих методов (микронзондовый анализ, рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопия).

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ НИЖНЕ-
КОШЕЛЕВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ
МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нуждаев И.А., Феофилактов С.О.

Аспиранты 1-го года обучения ИВиС

Научный руководитель: д.г.-м.н. С.Н. Рычагов

В районе Нижне-Кошелевской термоаномалии в период с 2010 по 2011 гг. выполнена пешеходная детальная магнитная съёмка с целью изучения структуры одноименного пародоминирующего геотермального месторождения, расположенного на юго-западном склоне Кошелевского вулканического массива. Измерения модуля магнитной индукции (Т) производились двумя протонными магнитометрами ММП-203 (расхождения показаний приборов ± 1 нТл, что соответствует точности прибора).

Для исследуемого участка площадью 1.5 км^2 составлена детальная карта магнитных аномалий АТ со среднеквадратичной ошибкой измерений 20 нТл. На основании полученных значений АТ в программе ZondMAG2D построены двумерные модели распределения магнитной восприимчивости на глубину.

Уточнены границы современной геотермальной аномалии, выделена зона пониженных значений магнитного поля, интерпретируемая как палеогидротермальная структура, и область отрицательных значений АТ на севере территории.

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МУТНОВСКОЙ
ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ РУДООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА).

Округин В.М., Чернев И.И., Косоруков, В.Л. Округина А.М., Шаповалов Ю.Б.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
ОАО "Геотерм" Петропавловск-Камчатский,
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,
Институт экспериментальной минералогии РАН, пг. Черногловка*

Объекты исследований - золото-серебро-полиметаллические руды вулканогенного жильного гидротермального плейстоценового месторождения (известного под названием «Мутновское рудное»); - продукты реакций вода - порода Войновских, Перевальных Рудных, Дачных гидротермальных источников; - метасоматиты современных гидротермальных резервуаров, осадки из термальных вод, отобранных с глубоких горизонтов с помощью эксплуатационных скважин Мутновского месторождения парогидротерм; - техногенные отложения Мутновского геотермального энергетического комплекса (Пилотная ГеоТЭС, Мутновская ГеоТЭС- Главный модуль).

Методы исследований - рентгенофазовый, рентгенофлуоресцентный, рентгеноспектральный с электронным микрозондом (модернизированный аналитический комплекс Camebax с новейшим энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 80), сканирующая аналитическая электронная микроскопия, индукционно связанная плазма, атомная абсорбция, минераграфия.

Результаты: - Мутновскую гидротермальную рудообразующую систему (МГРС) можно рассматривать в качестве своеобразного гомолога Мутновского вулкана (точнее Мутновского вулканического центра, современный облик которого - результат оригинальной энергетической прецессии, выразившейся в последовательном телескопированном наложении трех-четырех вулканических аппаратов, называемых Мутновский I-III и Активная воронка). Мутновское золото-серебро-полиметаллическое жильное гидротермальное месторождение это плейстоценовая палеогидротермальная рудообразующая система - наиболее ранний (древний один из первоначальных) элемент МГРС, деятельность которого привела к накоплению основных запасов благородных, цветных и редких металлов. К концу плейстоценового времени произошло дискретное смещение оси эндогенной конвективной ячейки в ЮЮЗ-ападном направлении к вулкану Горелый, кальдера которого становилась одним из ведущих источников водного питания. Вследствие этого прежние продуктивные гидротермальные резервуары «замерзли» и превратились кварцевые жилы с разнообразными рудными и нерудными минералами. А южнее на расстояниях первых километров началось формирование новых гидротермальных резервуаров, пароводяная составляющая которых используется Пилотной и Мутновской геотермальными станциями. Минеральный состав рудного месторождения, отложений в зоне выходов гидротермальных источников, осадков из термальных вод глубоких горизонтов современных продуктивных резервуаров не только близки между собою, но и характеризуются общими особенностями химизма подавляющего числа слагающих их минералов, их химической неоднородности, геохимической специализации, С-Р-Т параметров минералообразующей среды. Иными словами, процесс рудообразования продолжается. Мутновское золото-серебро-полиметаллическое жильное гидротермальное месторождение еще не приобрело своего «окончательного» облика, а современные гидротермальные резервуары – источник энергии Мутновского геотермального комплекса не что иное как появление одной из стадий эволюции МГРС. Со временем эти резервуары остынут. И тот аморфный диоксид кремния, что образуется при «выпусках» пароводяной смеси из продуктивных скважин, покрывая белым налетом площадки буровых, превратится в «близповерхностных» условиях в кварцевую матрицу новых рудных тел.

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПИРИТА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РУДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ КАМЧАТСКОГО ПОЛУОСТРОВА

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

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Пирит – самый распространенный в природе минерал класса сульфидов. Он образуется в самых разнообразных условиях и участвует, практически, во всех эндогенных и экзогенных процессах. Пирит – один из компонентов сульфидных глобулей, присутствующих в виде микровключений в породообразующих минералах современных базальтовых, андезитовых и дацитовых вулканов; сульфидных медно-никелевых ликвационных магматических руд. Он ассоциирует с минералами пегматитов, грейзенов, скарнов и болотно-озерных отложений. Наибольшего разнообразия достигает в продуктах гидротермального минералообразования: от высокотемпературных плутогенных до низкотемпературных близповерхностных эпитеермальных, включая отложения современных гидротерм.

Объекты исследований: протерозойские метоморфиты Карелии; фумаролы вулканов Авачинский, Мутновский, Горелый; современные гидротермы Вилючинская, Мутновская, Киреунская, Двухъярточная, Осорезан (Япония); эпитеермальные месторождения (палеогидротермальные рудообразующие системы) Мутновское, Родниковое, Озерновское, Малетой-ваемское, Оганчинское, Асачинское, Вилючинское, Агинское, Кумроч, Золотое.

Методы исследований: минералогический, минераграфический, сканирующая аналитическая электронная микроскопия (СЭМ), рентгеноспектральный с электронным зондом и новейшим энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-max 80, рентгенофазовый.

Результаты исследований: Пирит характеризуется разнообразием размеров, форм выделения, особенностями микроструктуры, спектром минеральных ассоциаций. Химическая неоднородность – важнейшее свойство этого минерала. Она обусловлена неравномерным распределением определенных элементов-примесей в первую очередь таких, как Cu, As, Sb, Hg, Se, Te, Mn, Ni, Co, Bi, Pb, Au. Пирит фумарольных и высокотемпературных гидротермальных ассоциаций (вулканы Мутновский, Горелый, Асачинский; продукты реакций пароводяной смеси с вмещающими породами Дачных, Утиных, Медвежьих источников) отличается наиболее примитивной микроструктурой и не содержит каких-либо элементов-примесей на уровне чувствительности микрозондового анализа ($n \cdot 10^{-2}\%$).

Наибольшее разнообразие форм выделения, минеральных ассоциаций и химического состава – отличительная особенность пирита палеогидротермальных рудообразующих систем (эпитеермальных золото-серебряных месторождений).

Как правило, пирит минеральных ассоциаций, в которых преобладают соединения Se и Te (Озерновское месторождение), содержит аномально высокие количества этих элементов; золото-теллуридных, с повышенными количествами халькопирита обнаруживает химическую неоднородность за счет неравномерного распределения меди и теллура (Агинское месторождение). В пирите золото-серебряных и золото-серебро-полиметаллических объектов Южной Камчатки (Родниковое, Вилючинское, Мутновское, Асачинское) постоянно наблюдаются высокие содержания As (вплоть до 10,5 % масс.).

Таким образом, геохимическая специализация пирита (спектр элементов-примесей), химическая неоднородность – важнейшие типоморфные особенности, позволяющие использовать этот минерал в качестве индикатора для оценки степени перспективности тех или иных пунктов рудной минерализации и рудопроявлений.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ "ВУЛКАНЫ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ"

Романова И.М., Гирина О.А., Максимов А.П., Мелекесцев И.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

За многие годы исследований в Институте вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН накоплен большой объем уникальной информации о вулканах Курило-Камчатского региона и их извержениях. Распределенный характер хранения, различные способы сопровождения и методы доступа существенно затрудняют поиск этой информации и, таким образом, снижают эффективность ее использования в научных исследованиях. Решением этих проблем является формирование единого информационного пространства института.

Начиная с 2010 г. в ИВиС ДВО РАН создается тематический геопортал как единая точка доступа к вулканологическим и сейсмологическим данным (<http://geoport.kscnet.ru>). Один из основных структурных компонентов геопортала – информационная система (ИС) «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» – VOKKIA (Volcanoes of Kurile-Kamchatka Island Arc), разработка которой была начата в январе 2011 г. Цель создания ИС – систематизация геологических, геофизических, геохимических и других научных данных по наземным и подводным вулканам региона.

Источниками информации для ИС VOKKIA являются данные научных публикаций, существующие электронные каталоги, базы данных и архивы ИВиС, а также официальные вулканологические сайты сети Интернет. ИС должна обеспечить качество и полноту данных и возможность постоянного пополнения ее результатами последних научных исследований.

Архитектура системы VOKKIA реализована на базе свободного программного обеспечения с открытым исходным кодом, распространяемого по лицензии GPL (GNU General Public License) (MySQL, GeoServer и др.).

ИС VOKKIA обеспечивает единый веб-интерфейс для доступа к атрибутивным вулканологическим данным и связанным с ними картографическим сервисам. Система имеет модульную структуру, представленную информационными блоками, которые соответствуют разным типам данных. На сегодняшний день ИС включает следующие информационные блоки: «Вулканы», «Извержения», «Мониторинг активных вулканов», «Изображения», «Интерактивные карты».

ИС «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» позволит обобщить и систематизировать широкий комплекс вулканологической информации по вулканам Камчатки, Курильских островов и прилегающих акваторий. Создание системы VOKKIA, отвечающей мировым стандартам, позволит поднять вулканологические исследования, проводимые в ИВиС ДВО РАН, на современный информационный уровень.

РАЗРАБОТКА НАУЧНОГО, ИНФОРМАЦИОННОГО И МЕТОДИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА
ВУЛКАНОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

**Чебров В.Н.¹, Дрознин Д.В.¹, Дрознина С.Я.¹, Кугаенко Ю. А.¹, Мельников Д.В.²,
Муравьев Я.Д.², Нуждина И.Н.¹, Сеньюков С.Л.¹, Сергеев В.А.¹, Сероветников С.С.¹,
Титков Н.Н.¹, Фирстов П.П.¹, Ящук В.В.¹**

¹ Камчатский филиал Геофизической службы РАН

² Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

В рамках создания системы комплексного мониторинга вулканов (СКВМ) Дальневосточного региона разработаны предложения на развитие ее научного, информационного и методического обеспечения.

Обобщен имеющийся на Камчатке и Курильских островах опыт мониторинга вулканической активности на базе инструментальных наблюдений с привлечением видео и спутниковых данных. Рассмотрены возможности различных видов инструментального мониторинга в целях (1) оценки состояния вулкана, (2) развития вулканической активности и (3) идентификации извержений. Показано, что сейсмические методы применимы для всех трех целей мониторинга. Деформационный мониторинг информативен на этапах оценки состояния вулкана и прогноза его возможной динамики. Методы акустического и электромагнитного эффективны для идентификации (распознавания) извержений и мониторинга динамики вулканической активности при развитии сильных эксплозивных извержений. Видео и спутниковые наблюдения являются информативным источником наблюдений на всех стадиях деятельности вулкана, однако обладают рядом недостатков, ограничивающих возможность их использования. Это зависимость от погодных условий, а для спутниковых данных - дискретность и сложности со своевременным получением снимков. Существенным дополнением к методам комплексного мониторинга вулканической деятельности является внедрение контроля в реальном времени концентрации диоксида серы для средне- и краткосрочного прогноза извержений, а также идентификации начала извержения.

Предложена предварительная структура информационно-консультационной системы (ИКС) «Извержения вулканов Камчатки и Курильских островов». Представлены источники информации для ИКС, базирующиеся на имеющихся в КФ ГС РАН, ИВиС и ИМГиГ ДВО РАН электронных ресурсах: каталогах и базах данных по активным вулканам, каталогах вулканических землетрясений, различных архивах, локальных ГИС. ИКС объединит каталоги вулканов, описание извержений вулканов и их проявлений в параметрах наблюдаемых физических полей; блок по мониторингу активных вулканов, включая детальную информацию о существующих и планируемых пунктах инструментальных наблюдений на вулканах; изображения; интерактивные карты; библиографию и пр.

Сформулированы основные подходы (принципы) разработки методов автоматической и автоматизированной идентификации пепловых выбросов и вероятностной оценки их высоты по данным инструментальных наблюдений; методов автоматизированной оценки мощности и высоты пепловых выбросов вулканов и их распространения по спутниковым данным. Предложена стратегия разработки типовых сценариев извержений с учетом имеющегося опыта дистанционного инструментального мониторинга на примере Северной группы вулканов на Камчатке.

Развитие научного, информационного и методического обеспечения СКВМ ведется в рамках ФЦП "Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года".

СЕРЕБРОРУДНАЯ ПРОВИНЦИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДА КОРЯКИИ (ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ)

Г.П. Яроцкий, М.О. Митрофанов

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

На северо-западе Корякского нагорья вдоль южного борта долин рек Куюл, Энычаваям, Пальматкина простирается на юго-восток цепь хребтов. На их северных отрогах закартированы вулканические поля олигоцена: Уннэйваямское, Гайчаваямское и Пальматкинское. Их положение в тектонике территории закономерно (через 150-160 км); в минерагении – экзотично, так как с ними связано интенсивное серебряное оруденение; в стратиграфии они отражают орогенную стадию образования андезит-дацитовый формации на позднемеловом геосинклинальном фундаменте; их площади характеризуются исключительно своеобразным магнитным полем и положением на гравитационных минимумах.

Вулканические поля выявлены геологической съёмкой м-ба 1:200 000, в процессе которой установлены проявления золота, серебра, ртути, олова. Поля являются звеньями Западно-Камчатско-Корякского вулканического пояса – в нагорье они и есть собственно пояс. Поля образованы в эпоху олигоценовой гранитоидной тектоно-магматической активизации и «срезают» складчатые образования позднего мела. Это даёт основание отнести их к особому генетическому типу вулканогенов (Красный, 1966).

Идентичность названных признаков стала критерием генетического подобия вулканогенов и возбудила интерес к механизму их образования. Методология исследования основана на учении о взаимосвязи минерагении и тектоники, основой которой принята концепция глыбово-клавишной структуры земной коры и блоково-клавишной её верхних неогеновых комплексов. Установлены закономерные связи, выраженные в идентичных геолого-геофизических характеристиках трёх вулканогенов. Метод – геолого-геофизический анализ. Используются материалы среднемасштабных геологической, аэромагнитной, гравитационной съёмок, МТЗ (мелкого масштаба), некоторые обобщения, в т.ч. «Карта полезных ископаемых Камчатской области м-ба 1:500 000» (1999). При анализе полей применены трансформации (осреднение, пересчёт на высоту, расчёт вторых производных).

Все три вулканогена: приурочены к одной продольной региональной СВ структуре сочленения рифтогенного Парапольско-Пусторецкого прогиба и верхнемелового фундамента Центрально-Корякской тектонической зоны; сформированы на площадях пересечения этой структуры поперечными межглыбовыми разломами в олигоценовую тектоно-магматическую гранитоидную активизацию; локализованы в надразломных впадинах верхнемелового и кристаллического фундамента, образовавшихся в зоне пересечения рифтогенной структуры поперечными межглыбовыми разломами; их рудовмещающими комплексами являются одинаковые по составу покровы, субвулканические тела и интрузии велолынской серии олигоцена; металлогения их однотипна, с подавляющим преобладанием Ag; для них характерна минерализация Sn и Hg в прилегающих рудовмещающих комплексах верхнемелового фундамента; они характеризуются однотипными гравитационным и магнитным полями, свойственными на территории нагорья; их площадные размеры одного порядка. Совокупность характеристик становится критерием – аргументом в определении единого тектонического и металлогенического механизма формирования вулканогенов с их рудными районами. Этим механизмом является глыбово-клавишная структура земной коры.

Характеристики являются закономерностями размещения региональных тектонических и металлогенических факторов, отражая единство механизма образования вулканогенов и их минерагении (подавляюще Ag) во время олигоценовой гранитоидной тектоно-магматической активизации. Три прогнозируемые рудные районы объединяются нами в Северо-Западно-Корякскую серебряную провинцию.

Секция стендовых докладов

О НАРУШЕНИИ РАДИОАКТИВНОГО РАВНОВЕСИЯ ПРИ ПОСТВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

Андреев В. И.,¹ Шульженкова В.Н.,² Рашидов В.А.,¹ , Фирстов П.П.³

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии РАН*

² *Университет им. В. Беринга.*

³ *КФ ГС РАН*

Радиоактивное равновесие между материнскими и дочерними радиоизотопами в рядах распада в общем случае определяется соотношением $N_1/\lambda_1 = N_2/\lambda_2$, где N_1 - число атомов материнского изотопа, λ_1 - константа распада материнского изотопа, N_2 – число атомов дочернего изотопа λ_2 – константа распада дочернего изотопа (Титаева, 2000).

В голоценовых изверженных породах фиксируется нарушение радиоактивного равновесия, представляемое обычно в единицах активности: $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U} > 1$. В камчатских вулканитах это соотношение иногда поднимается до трехкратной величины, увеличивается с ростом содержания щелочей, в первую очередь калия (Чердынцев, 1973).

Нарушение радиоактивного равновесия наблюдается и в современных фумарольных зонах, минеральных новообразованиях и гидротермально измененных породах: хлоридах, фторидах, гейзеритах, сульфатах, пропилитах. Во фторидах Большого трещинного Толбачинского извержения вулканов в первые четыре года после извержения 1975 -г отношение $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ было шестикратным (Андреев и др., 2001). В сульфатах действующего подводного вулкана Пийпа ангидритах, гипсах, баритах, поднятых с глубины ~ 500 м, отношения $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ и $^{228}\text{Ra}/^{232}\text{Th}$ было порядка 1 тысячи (Андреев и др., 2004).

Аномальная радиоактивность баритов объясняется сравнительно быстрым накоплением Ra-содержащих минералов преимущественно путем изоморфного замещения радием Ba в барите и частично образованием собственного сульфата радия (Титаева, 2000). При этом естественные радиоактивные элементы (^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{228}Ra) могут иметь как глубинный, ювенильный источник так и выщелачиваться из вмещающих пород (Набоко и др., 1983). Очевидно, радиобариты обычные среди поствулканических новообразований могут быть устойчивыми (к выщелачиванию слабыми кислотами и щелочами) эманулирующими коллекторами, формирующимися на глубине первых сотен метров в условиях суши и в полтора – два раза глубже в подводных условиях (Андреев и др. 2010).

Нарушения радиоактивного равновесия показаны на примерах соотношения гамма-активности и объемной активности “почвенного радона” (OARn) исследованного нами на трех объектах:

1. Паратунский грабен (пос. Сосновка), $\gamma \sim 3.6$ мкР/ч, $\alpha \sim 2$ кБл/м³
2. Центральный разлом (долина р. Быстрой), $\gamma \sim 5.0$ мкР/ч, $\alpha \sim 5$ кБл/м³
3. Налычевская купольно-кольцевая структура (Природный парк Налычево) γ до 40 мкР/ч α до 70 кБл/м³

На всех объектах повышенная OARn связана, видимо, с эманулирующими коллекторами (Ba,RaSO₄). На Налычевском куполе эманулирующим коллектором может быть еще и виверит (Ba,RaSO₄), легче выщелачивающийся по сравнению с баритом.

ГЕНЕЗИС ПОДВОДНЫХ ГОР МЭРИ БЕРД ПО ДАННЫМ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРОД.

Асавин А.М. Удинцев.Б.Г.

ГЕОХИ РАН, Москва
aalex06@inbox.ru

Подводные горы Антарктического сегмента Мирового океана исследованы очень слабо. Вместе с тем полноценное понимание тектонического строения истории формирования и раскрытия Мирового океана не возможно без учета данных по петрографии и геологии подводных гор широко развитых в этом сегменте. К крупнейшим архипелагам подводных гор этого района относятся - Мэри Берд, Скотта, Герлаха. Однако и кроме них вблизи от шельфовой зоны и подводного склона существует много отдельных подводных гор неясного генезиса. Определенную сложность в интерпретации геологического строения по результатам единичных драгировок представляют собой влияние ледового разноса. Породы различного вида (метаморфические, гранитные, осадочные) широко развитые на нунантаках Антарктиды разносятся айсбергами и плавающими ледовыми полями и по мере таяния формируют коллювиальные залежи на поверхности подводных гор. Объем этого ледового разноса его закономерности и эволюция во времени площади распространения пока остается важным дискуссионным вопросом.

По результатам драгировки подводных гор Мэри Берд был поднят обширный каменный материал несомненно включающий в себя как коренные породы подводных гор, так и продукты ледового разноса. На длительную историю существования этой области накопления моренного материала указывает значительная мощность образованных на поверхности окатанных валунов корочки железомарганцевых образований от 2 до 30 мм толщиной. По современным оценкам скоростей образования этих корок можно оценить время накопления поднятого материала от 5 до 20 млн. лет.

Петрографический состав продуктов ледового разноса следующий:

Интрузивный комплекс. Крупные валуны (до 50-80 см) окатанных и угловатых аляскитовых крупнозернистые граниты розового, и желтоватого цвета, аплиты и вероятно щелочные граниты белого цвета (высокое содержание альбита отдельные черные кристаллы пироксена или щелочной роговой обманки).

Метаморфический комплекс представлен биотитовыми и амфиболовыми гнейсами, единичные образцы гранатовых гнейсов, средне зернистые гранитогнейсы.

Осадочный комплекс представлен – известняками (мраморизованные плотными серыми возможно с примесью кремниевого – радиоляриевого материала), кремнями, сланцами (местами углистыми – тонко слоистыми серого и черного цвета).

Вулканический комплекс представлен – валунами вулканической брекчии (по-видимому кислого состава), более мелкозернистыми слоистыми туфами.

К собственным породам подводной горы мы отнесли:

Единичные не окатанные угловатые и уплощенной формы обломки вулканических и субвулканических пород, с заметными следами гальмеролиза на поверхности (до 2-3 см глинисто-хлоритового агрегата). Вулканиды содержат стекло разной степени измененности, имеют миндалекаменную и пузырчатую структуру, наблюдаются полевошпатовые крупные вкрапленники полевого шпата (иногда даже в образце они обладают ясно видимой зональностью) и редкого мелкого пироксена. Представленный предварительный материал по петрографии пород драгированных на поверхности одной из подводных гор Мэри Берд позволяет сделать следующие предположения.

1. Процессы ледового разноса, формирующие морены на подводных горах являются устойчивым длительным фактором осадконакопления в высоких широтах.

2. Район сбора каменного материала для ледового разноса включал в себя центральные области Антарктиды с выходом древних гранитно-метаморфических комплексов и района с проявлением кислого вулканизма и древних осадочных карбонатных толщ.

3. Собственные проявления вулканизма на подводных горах включают в себя как продукты примитивного толеитового вулканизма, так и значительно дифференцированные разности более кислого состава.

ЛАВОВЫЕ ПОТОКИ КОРЯКСКОГО ВУЛКАНА В ГОЛОЦЕНЕ: УСПЕХИ И ПРОБЛЕМЫ ДАТИРОВАНИЯ

Базанова Л.И., Дирксен О.В., Пузанков М.Ю., Кулиш Р.В., Карташева Е.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Тефростратиграфические исследования с целью реконструкции эруптивной истории Корякского вулкана в голоцене на начальной стадии включали, прежде всего, детальное изучение разрезов почвенно-пирокластического чехла (ППЧ) подножия вулкана с идентификацией и корреляцией его пепловых горизонтов. Однако в сводной тефростратиграфической летописи запечатлены следы лишь эксплозивных проявлений вулкана, которые необходимо увязать и с лавовыми излияниями. Ранее, на стадии предварительных обобщений, лавовые потоки были разделены нами в основном на две возрастные группы, отвечающие главным этапам активности Корякского вулкана в голоцене: 9700-6200 и 3350-3150 лет назад (л.н.) [Базанова, Сулержицкий, 2009]. Мы провели новые дополнительные исследования по возрастному расчленению лавовых потоков, что позволило уточнить их положение в голоценовой истории активности вулкана.

Работы были сосредоточены преимущественно у запад-северо-западного подножья Корякского вулкана, в междуречии верховий Дремучей и Железной. Здесь лавовые потоки, излившиеся из западного терминального кратера, сформировали обширное лавовое поле. Длина потоков достигала 8-10 км. По составу лавы отвечают умереннокалиевым андезитам. Вся серия потоков относится к раннеголоценовому этапу активности, что подтверждает данные наших предыдущих исследований. Изучение разрезов тефры на лавовых потоках и их корреляция с полным голоценовым разрезом ППЧ, полученным на выступе позднеплейстоценовой морены в центре лавового поля, позволило разделить потоки по возрасту и увязать с ранее выявленными и датированными эруптивными событиями: 8000-8200, 7800, 7150, 6700 л.н. Не исключено, что лавы изливались и в более ранние эпизоды голоценовой активизации. Они либо скрыты под более молодыми потоками, либо не распространялись за пределы склона конуса, где проведение тефростратиграфических работ невозможно из-за отсутствия ППЧ. К наиболее древним лавовым излияниям могут относиться и потоки, фронтальные части которых выступают из-под лав с возрастом 6700 л.н. у северной границы лавового поля. Следует заметить, что потоки 6700 л.н. близки по строению ППЧ на их поверхности к одному из потоков на юго-западной периферии вулкана, датированному ранее по единичному наблюдению как 6200 л.н. Однако наши последние работы показали, что этого явно недостаточно. Этот поток, как и серия потоков в том же секторе, отнесенных к этапу активности 3350-3150 л.н., требуют дополнительной хронологической заверки и, возможно, более дробного датирования.

Новые данные получены также для побочного прорыва Вулкан у юго-западного подножья главной постройки. Стратиграфическое положение тефры этого шлакового конуса совпадает с положением лавового потока, идущего от его подножья. Состав лав и тефры не противоречит их принадлежности к одному событию, что позволяет датировать поток временем образования прорыва (7600 л.н.). По-прежнему остается открытым вопрос о возрасте единственного в голоцене терминального лавового потока, излившегося в южном направлении. Нам пока не удалось обнаружить какие-либо следы ППЧ на его поверхности, не установлена и тефра этого извержения. Что касается возраста конуса Страж на юго-восточном склоне Корякского вулкана, заявленного в работе [Базанова, Сулержицкий, 2009] как 650 л.н., полученные нами новые данные заставляют усомниться в правильности такой датировки. Мы намерены провести дополнительную проверку и, не исключено, внести исправления.

ПОЧВЕННО-ПИРОКЛАСТИЧЕСКИЕ ЧЕХЛЫ МОРСКИХ ТЕРРАС КАМЧАТКИ (НА ПРИМЕРЕ БУХТЫ СОЛДАТСКОЙ)

Гвоздкова А.А.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
gvozdpochva@bk.ru

Морская аккумулятивная терраса в бухте Солдатской, расположенная на Восточном побережье Камчатского полуострова, формировалась на протяжении последних примерно 5000 лет путём последовательного образования береговых валов. Во время образования береговых валов происходило выпадение вулканических пеплов, таким образом, на поверхности террасы формировался почвенно-пирокластический чехол. Отдельные маркирующие пеплы данной территории детально описаны в литературе и датированы с помощью радиоуглеродного метода. Таким образом, оценен приблизительный возраст разных участков морской аккумулятивной террасы.

Исследования на морской террасе проводились вдоль топографического профиля, пролегающего перпендикулярно береговой линии, через разновозрастные береговые валы.

По мере появления молодой поверхности аккумулятивной террасы, пионерная растительность постепенно заселяет новые территории. Со временем, на разных участках морской террасы растительные сообщества меняют свой видовой состав, включают большее количество видов. В результате, можно наблюдать, что на разных участках морской террасы размещаются разные растительные сообщества. Поэтому почвенно-пирокластический покров разновозрастных береговых валов изменяется с расстоянием от моря: от рыхлых, без гумуса, полностью песчаных почв до почв песчаных с плотным сложением, с пеплами и с маломощным перегнойно-торфяным горизонтом. Различия в почвенно-пирокластическом покрове по мере увеличения возраста береговых валов были найдены в морфологических особенностях строения почвенных профилей. Строение почвенных профилей постепенно усложняется с возрастом поверхности при продвижении от моря в сторону суши.

Результаты химических анализов позволили получить некоторые количественные характеристики поверхностных почвенных горизонтов. В работе проведено рассмотрение изменения полученных характеристик. Предполагается, что изменения некоторых химических характеристик связаны именно с изменением расстояния от моря.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОЛОЦЕНЕ, И ЭВОЛЮЦИЯ ОЗЕРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА СОКОЧ, ЮЖНАЯ КАМЧАТКА

Дирксен В.Г.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Разрез донных отложений озера Сокоч, расположенного в предгорьях Ганальского хребта на Южной Камчатке, вблизи верхней границы каменноберезовых лесов, был изучен комплексом методов. Семь радиоуглеродных датировок установили возраст отложений (около 9400 л.н.; все возраста даны в календарном летоисчислении) и обеспечили их надежную хронологию. Результаты палинологического и микрофоссильного анализов позволили выделить девять биостратиграфических зон, характеризующих климатогенную динамику растительности. Изменения локальных компонентов (пыльца макрофитов, споры, микроостатки зеленых водорослей и беспозвоночных животных) позволили реконструировать эволюцию озерной экосистемы.

Котловина озера Сокоч, в окружении конечных морен, была сформирована в результате отступления позднеплейстоценовых ледников. Начальная стадия формирования озера, по-видимому, не была вскрыта, поскольку записи из осадков базальной части разреза свидетельствуют о преобладании между 9400 и 8960 л.н. прохладных, но не холодных условий. В это время здесь уже были каменноберезовые леса, хотя в целом доминировали ольховый стланник и ерники. Заметное присутствие ольховых лесов в растительном покрове позволяет заключить, что климат был очень влажным и мягким. Состав диатомей и наличие зеленых водорослей *Botryococcus* свидетельствуют, что озеро в это время было бессточным и мелководным. Следующий период 8960-7280 л.н. характеризуется постепенным замещением кустарниковых формаций каменноберезовыми лесами в ответ на потепление климата. Биологическая продуктивность озерной экосистемы повышается, и начинают формироваться органогенные осадки. Расцвет зеленых водорослей *Pediastrum* и *Scenedesmus* свидетельствует о начале эвтрофикации водоема. Период между 7280 и 4690 л.н. соответствует первому максимуму распространения лесов и соотносится со временем Термального Максимума голоцена. В начале периода климат был теплым и влажным: ольха еще присутствовала в составе лесов. После ~6150 л.н. участие ольхи резко сокращается и более не восстанавливается, что связано с нарастанием континентальности климата. В озерной экосистеме также отмечены заметные изменения: уровень воды повышается и формируется пояс прибрежно-водной растительности; трофность водоема снижается, и преобладают водоросли *Tetraedron minimum*. Около 6150 л.н. происходит соединение протокой озер Сокоч и Малый Сокоч. Между 4690 и 3460 л.н., в результате похолодания и увлажнения климата времени Неогляциала, леса значительно сокращаются и заменяются кустарниками, лугами и болотами. Затем, около 3460-2230 л.н., в период более сухого климата на фоне некоторого потепления, озеро мелеет и становится олиготрофным, зеленые водоросли деградируют. Второй максимум распространения лесов отмечается между 2230 и 1710 л.н. и свидетельствует о существенном потеплении климата. Характерной чертой этого времени является широкое развитие белоберезовых лесов, встречающихся здесь в настоящее время на ~150 м ниже озера Сокоч. Принимая во внимание экологические различия между каменной и белой березами, можно предположить усиление континентальности и сезонной контрастности в условиях теплого и сухого климата. В последние ~1700 лет происходит новое похолодание, выраженное деградацией лесов, распространением кустарниковых формаций и болот. Увеличение роли фитопланктона (*Pediastrum*) и зоопланктона (*Cladocera* и др.) в озерной экосистеме позволяет говорить об усилении эвтрофикации водоема.

Выявленные изменения климата и растительности в районе озера Сокоч хорошо согласуются с палеоданными по другим районам Камчатки и, прежде всего, с данными по Центральной Камчатской депрессии.

АРЕАЛЬНЫЙ ВУЛКАНИЗМ БАССЕЙНА РЕКИ САВАН, ЮЖНАЯ КАМЧАТКА.

Дирксен О.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Ареальный вулканизм проявлялся на Южной Камчатке весьма интенсивно, главным образом в центральной части Южно-Камчатского прогиба от вулкана Ксудач до Толмачева Дола, кроме того небольшое количество мелких эруптивных центров обнаруживается в пределах Ункановичского горста и Голыгинского прогиба. Объектом наших исследований были проявления ареального вулканизма в узкой субширотной полосе пересекающей основные тектонические структуры полуострова, от юго-западного подножия вулкана Асача до горы Желтая в нижнем течении реки Саван. Все щитообразные вулканы района исследований приурочены к центральной части Южно-Камчатского прогиба, к зоне повышенной проницаемости земной коры, формируя своеобразный пояс более крупных вулканов, который, следуя фестончатой границе этого прогиба, имеет в плане весьма сложную форму. Более мелкие формы, главным образом шлаковые конуса, распространены по всей территории, однако в пределах прогиба и на его границах некоторые из них концентрируются в отчетливые цепочки, вытянутые в северо-восточном направлении, параллельно основным структурам полуострова в этом районе.

Основной целью работ было определение возраста эруптивных центров в данном районе с помощью морфологического анализа вулканических построек, маршрутного обследования, а также тефрохронологического и радиоуглеродного датирования.

На основе анализа частных разрезов почвенно-пирокластических чехлов (ППЧ) составлена сводная стратиграфическая шкала пеплов-маркеров для района исследований, выявлены горизонты шлаков, соответствующие каждому эруптивному центру, а также определено их положение относительно основных маркирующих горизонтов транзитных пеплов. В данном районе уверенно выделяется 6 прослоев голоценовых маркирующих пеплов (Кшт₃, ОП, КС₁, ХД, КС₂, КО), принадлежащих вулканам Опала, Ксудач, Ходутка и кальдере Курильского озера-Ильинская.

В результате проведенных исследований было установлено, что все более крупные эруптивные центры, а именно: небольшие щитообразные вулканы г. Камень, массивы с высотными отметками 723 м, 508 м, 722,4 м и т.д. возникли в позднем плейстоцене, скорее всего в диапазоне 25000-50000 ¹⁴С л.н. Шлаковые постройки на их вершинах практически не сохранились, а лавовые потоки в нижней части склонов зачастую имеют следы ледниковой абразии. Три небольших шлаковых конуса на юго-западном подножии вулкана Асача извергались в самом конце плейстоцена, вероятно после массового таяния ледников второй фазы позднеледникового оледенения, в диапазоне 15000-10000 ¹⁴С л.н., поскольку имеют весьма свежий облик, не несут следов ледниковой эрозии, при этом их тефра не обнаружена в разрезах голоценовых ППЧ. В голоцене в этом районе произошли извержения всего 4 центров: маара Озерный и конуса вблизи него (около 8700 ¹⁴С л.н.), горы Желтая (около 9200 ¹⁴С л.н.) и 3 вершинных конусов на г. Отдельная (около 9200 ¹⁴С л.н.). Возраст остальных эруптивных центров к настоящему времени остается неизвестным и его определение требует дополнительных исследований.

Наши данные хорошо согласуются с полученными ранее результатами о пульсационном характере проявлений ареального вулканизма в разных районах Камчатки (Толмачев Дол, районы вулканов Вилучинский и Бакенинг, Седанкинский Дол) в позднем плейстоцене – голоцене: максимальная активность отмечалась в диапазоне 25000 – 50000 л.н.; наиболее сильная вспышка эруптивной активности в голоцене имела место около 7000 – 9000 л.н. Таким образом, наши данные подтверждают предположение о единых механизме и характере проявлений этого типа вулканизма для всего полуострова.

ТЕРМОГРАММЫ ГАЗОВОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ГОРЕЛЫЙ 2010-2011 Г.Г.
Дрознин В.А., Дубровская И.К.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
dva@kscnet.ru

С начала июня 2010 г. по настоящее время вулкан Горелый находится в состоянии газового извержения.

Предыдущие извержения вулкана Горелый сотрудниками ИВиС ДВО РАН наблюдались 1961-1964гг, 1981-82гг., 1984-86гг и классифицировались как фреато-магматические и происходили через центральный кратер.

Тепловая съёмка выполнялась: в 1981, 82, 86гг. тепловизором AGA- Thermovision 680; в 1993 г. комплексом TIMS (NASA, США), с 2008 г. тепловизором высокого разрешения ThermoCam P 640.

Тепловые аномалии: «прогретый грунт», «парящий грунт» в основном расположены в бортах центрального кратера. На внешней поверхности постройки зафиксированы термоаномалии типа «прогретый грунт» . Предполагалось, что интенсивность этих термоаномалий может увеличиваться (Кирсанов 1983г.) перед извержением.

Тепловизор Р640 достаточно портативен и съёмка возможна с любого места, в том числе и с вертолёта. Большинство измерений произведены ведущим инженером Чирковым С.А. во время маршрутов при специальных поездках в район вулкана. В анализе используются также термограммы, полученные с Института из «стекляшки» (расстояние 70км).

Как результат было зафиксировано уменьшение интенсивности теплового излучения стенок центрального кратера, понижение уровня воды в озере.

Извержение происходило из отверстия с поперечником порядка 25м в виде струи перегретого пара с температурой более 870⁰С и с формированием на большей высоте парового шлейфа, достигающего высоты 2 км.

Для совершенствования практики использования тепловизора извержение предоставило возможность рассмотреть некоторые особенности дистанционного измерения температуры.

Тепловизор регистрирует излучение в окне прозрачности атмосферы, поэтому, по-существу, определялась температура не (прозрачного) пара, а температура свечения нагретых пород.

Определение скорости потока непосредственно по изменению профиля температур затруднено, так как изменения обусловлены не продвижением по потоку температурных неоднородностей, а являются следствием поперечных изменений температуры, аналогичным игре языков пламени в костре.

Штатная программа для обработки термограмм позволяет обрабатывать данные как цифровые в Excel. В ранних моделях при размере матрицы 320*240 можно было анализировать весь снимок, т.к. максимальное число столбцов в Excel 256. Программа для построения изображений термограмм также имеет ограниченные возможности по выбору паллет и построение изотерм. Поэтому приходится использовать графические приемы в других программах типа Matlab, Surfer.

Накоплены данные по разнице (радиационных) температур в шлейфе и в окружающей атмосфере при измерении на больших расстояниях для создания методики расчёта массового потока.

К РАСЧЁТУ ОСЛАБЛЕНИЯ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ ЗА СЧЁТ ВОДЯНОГО ПАРА

Дрознин В.А.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
dva@kscnet.ru

Традиционно результат тепловизионных исследований представляют в значениях температур. Температура - это степень нагретости вещества и определяется при равенстве с каким-то эталонным проградуированным объектом: колбочка термометра, спай термопары, проволока термосопротивления и т. п. Тепловизор регистрирует тепловое излучение, причем измеряемый сигнал пропорционален регистрируемой мощности.

Пересчет в значения температур производится в соответствии с законами инфракрасного излучения и с учетом коэффициента излучения, поглощения атмосферы и т.п. Поглощение в основном обусловлено концентрацией газов: водяного пара и углекислого газа. Расчет поглощения водяного пара производится с использованием параметра – толщина осажденной воды. В расчёте используются экспериментальные данные по значению спектральных коэффициентов пропускания излучения парами воды для горизонтальной трассы на уровне моря в зависимости от толщины слоя осажденной воды. Данные даются в виде таблицы и поэтому выполнения расчётов получаются трудоёмкими. Предлагается использовать таблицу рассчитанных спектральных коэффициентов Бугера.

$\lambda, \text{мк м}$	$K, \text{мм}^{-1}$	$\lambda, \text{мк м}$	$K, \text{мм}^{-1}$	$\lambda, \text{мк м}$	$K, \text{мм}^{-1}$	$\lambda, \text{мк м}$	$K, \text{мм}^{-1}$
7,5	0,270	9,4	0,014	11,3	0,015	13,2	0,018
	6		1		3		1
	0,404		0,013		0,015		0,018
7,6	9	9,5	7	11,4	1	13,3	6
	0,115		0,013		0,014		0,019
7,7	0	9,6	5	11,5	2	13,4	4
	0,130		0,013		0,013		0,020
7,8	2	9,7	4	11,6	6	13,5	0
	0,085		0,013		0,019		0,020
7,9	2	9,8	0	11,7	9	13,6	6
	0,050		0,012		0,015		0,021
8	5	9,9	8	11,8	7	13,7	4
	0,028		0,012		0,014		0,022
8,1	5	10	1	11,9	2	13,8	1
	0,046		0,012		0,013		0,023
8,2	1	10,1	1	12	4	13,9	4
	0,024		0,012		0,013		0,015
8,3	2	10,2	1	12,1	0	12,8	3
	0,025		0,012		0,012		0,015
8,4	6	10,3	0	12,2	9	12,9	8
	0,028		0,012		0,013		0,016
8,5	8	10,4	0	12,3	4	13	3
	0,017		0,011		0,013		0,017
8,6	9	10,5	9	12,4	6	13,1	5
	0,017		0,011		0,014		0,018
8,7	6	10,6	8	12,5	0	13,2	1
	0,016		0,011		0,014		0,018
8,8	7	10,7	8	12,6	7	13,3	6
	0,016		0,011		0,015		0,019
8,9	8	10,8	9	12,7	6	13,4	4
	0,016		0,012		0,015		0,020
9	2	10,9	0	12,8	3	13,5	0
	0,015		0,012		0,015		0,020
9,1	4	11	4	12,9	8	13,6	6
	0,014		0,012		0,016		0,021
9,2	7	11,1	9	13	3	13,7	4
	0,014		0,014		0,017		0,022
9,3	4	11,2	4	13,1	5	13,8	1

ЖЕЛЕЗИСТЫЕ ОСАДКИ КИХПИНЫЧСКОГО ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (КДВЦ)

Карданова О.Ф., Карташева Е.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Впервые Кихпинычский долгоживущий вулканический центр (КДВЦ) выделил В.И. Беловусов [1978]. Массив Кихпиныч включает несколько разнородных и разновозрастных сооружений. В районе КДВЦ обнаружено такое разнообразие хемогенных осадков, которого нет вблизи ни какого другого вулкана или гидротермальной системы Камчатки. Это связано со сложной историей развития этого района. Рассмотрим железистые осадки.

Железистые осадки представлены следующими минеральными классами: сульфиды (пирит, марказит, мельниковит, пирротин, канзит, макинавит), окислы и гидроокислы (сидерогель, гетит, гидрогетит, лепидокрокит, гематит, маггемит), сульфаты (Na -, K-Na -, NH₄ - и H₃O - ярозиты), фосфаты (вивианит, дельвоксит, фронделит, дестенезит и др.), карбонаты (сидерит). По условиям образования осадков из вод в районе КДВЦ можно выделить три группы: **1)** по всему водотоку - от устья источников и далее на всем протяжении водотока (*железистые* – сидерогель, гетит и гидрогетит); **2)** осадки, осаждающиеся на устье источника, далее по водотоку сменяются другими (при изменении параметров системы: CO₂, T °C, pH и др.), когда вместо сидерогеля появляются *карбонаты* (арагонит, кальцит), серные осадки сменяются *гидроксидами Fe* и др.; **3)** осадки, образующиеся при смешении водотоков резко различного состава (*железистые*).

Железистые осадки из кислых вод, представленные гетитом, гидрогетитом, ярозитом, встречаются на Северном поле в кратере вулкана Старый Кихпиныч (СК), на Южно-Кихпинычском термальном поле, у подножия сопки Желтой, на Верхне - Гейзерном поле, по руслу и в устье ручья Кислого. На СК *железистые осадки из близнеитральных вод*, представленные гетитом, гидрогетитом, сидерогелем, существенно реже - карбонатами и фосфатами, встречаются: в кратере СК - ТП Южное и Восточное, на склонах этого вулкана: восточном – ТП «Щеки»; на южном - истоки ручья Короткий Ключ; в верховьях ручья Извилистого, по истокам реки Гейзерной (ТП - Перевальное, Травертиновое, Теплое, Каньонное, Каменный карман, ручей Прозрачный) и ТП Верхне-Гейзерное (участки – ручей Подъемный, ручей Теплый, Термальное болото, Большая fumarola, Малышка, ручей Кровавый) и небольшой источник ниже гейзера Первенец.

Образование гидроксидов железа, пирита, марказита или сульфурита на устьях источников и гидроксидов по их руслу можно объяснить различной концентрацией H₂S и различными соотношениями концентраций H₂S, Fe²⁺, Fe³⁺, а также различными значениями pH. В источниках группы А высокое содержание H₂S, являющегося восстановителем, вместе с низкими значениями pH растворов (pH=1,9-2,5) препятствует отложению гидроксидов железа (в горячих восходящих источниках обломки породы, лежащие на дне, покрыты пленкой марказита (восстановительная среда за счет поступления H₂S). Выше, до границы «вода - воздух», происходит окисление H₂S кислородом воздуха и выпадает самородная сера. Далее, на границе «вода - воздух», за счет падения температуры и испарения минерализованных вод образуется гипс или кремнезем. На устьях источников группы Б происходит осаждение марказита или пирита. Если в воде содержание NH₄ существенно выше Na, Ca, Mg и др., то пиритный осадок по ходу водотока сменяется плащом гидроксидов Fe. В группу В входят источники, на устьях которых осаждаются гидроксиды железа, представленные гетитом и гидрогетитом, с небольшой примесью марказита и ярозита. В группу Г объединяются источники, в которых на устьях отлагается сульфурит, сменяющийся гидроксидами железа (гетит и гидрогетит). Известно, что когда содержание H₂S невелико и не может предотвратить выпадение гидроксидов железа, непосредственно на устье образуется сульфурит, а ниже - в местах растека термальной воды - гидроксиды железа. Без участия H₂S и CO₂ в зависимости от окислительно-восстановительного потенциала могут формироваться либо гидроксиды железа, либо магнетит (Стащук, 1968). Влияние H₂S сказывается на появлении сульфидов железа.

Железистые осадки отдельных ТП существенно отличаются как по составу минералов, так и по составу микрокомпонентов.

ОБСЛЕДОВАНИЕ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛОВИЗОРА

Козлов Д.Н. , Жарков Р.В.

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск
kozlov@imgg.ru*

Авторами в 2010 году проведена первая тепловизионная съемка на вулканах Головнина и Менделеева (о. Кунашир), Пик Сарычева (о. Матуа) и Экарма (о. Экарма). До настоящего времени такие работы на Курильских островах не проводились, а единичные термограммы не систематизировались и не доступны в цифровом виде. Электронный каталог позволяет провести ряд сравнительных анализов состояния вулканов по термограммам, выявить соответствие полученных значений с контактными измерениями электронными термометрами и сопоставить результаты инфракрасной съемки с данными спутникового мониторинга. Кроме этого возможно выяснение дислокации ранее не известных термальных площадок.

Съемка инфракрасных изображений велась при помощи тепловизора SAT SDS Hotfind-LXS. Диапазон измеряемых температур прибора составляет от -20°C до $+1000^{\circ}\text{C}$, точность $\pm 2^{\circ}\text{C}$, угловое поле $24^{\circ} \times 18^{\circ}$, пространственное разрешение 1,1 мрад, разрешение активной матрицы 384×288 точек. Сравнение данных о распределении температур на ИК-изображениях, полученных при помощи тепловизора и результатов измерения цифровым электронным термометром «Digitron-T200KC» с термопреобразователем КТХА 01.02Р-Т310 (диапазон рабочих температур термопары составляет от -200°C до $+1350^{\circ}\text{C}$) показало, что расхождение показаний приборов находится в пределах от 0 до 10-15 $^{\circ}\text{C}$.

В настоящее время идет работа по созданию электронного каталога (базы данных), содержащего инфракрасные (тепловизионные) изображения активных вулканов Курильских островов. Такой каталог позволяет провести работы по построению температурных карт различных участков поверхности вулканов, сравнить данные о температурах за различные периоды времени, а также систематизировать наблюдения за динамикой близповерхностных тепловых процессов и рассчитать тепловые потоки отдельных термальных полей. Визуальное исследование термограмм позволяет делать выводы о характере распределения температур на том или ином участке вулкана, а так же проводить точечный температурный анализ и анализ методом площадей и сечений. Для наглядности, все инфракрасные изображения снабжаются снимками вулканов в видимом спектре, сделанными с того же расстояния и под тем же углом съёмки. Это позволит, при необходимости, визуально оценить масштабы термальных полей, газогидротермальных выходов или температурных аномалий. Инфракрасные изображения должны быть представлены для каждой вулканической постройки несколькими типами: общая перспектива всего вулкана, снимки локальных участков вулкана, на которых имеется активная фумарольная и термальная активность и снимки отдельных фумарол и гидротермальных выходов. Каталогизация, обработка и просмотр термограмм производится при помощи программ Sat IRDBReport Standard и Microsoft Excel.

ОСОБЕННОСТИ ПОПЕРЕЧНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

Кувикас О.В.^{1,2}, Накагава М.², Авдейко Г.П.¹

¹Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН

²Университет Хоккайдо, Саппоро, Япония

Северные Курильские острова (СКО) входят в Курило-Камчатскую островодужную систему, которая сформировалась в конце олигоцена, начале миоцена (Авдейко и др., 2006). Район исследования включает в себя вулканические центры о. Парамушир, о. Ширинки, о. Атласова и 3-х подводных вулканов: в. Григорьева, в. 1,3, в. 1,4.

Особенности минерального, геохимического, петрологического составов позволили нам объединить все вулканические центры в три основные зоны магмогенезиса. Фронтальная зона включает в себя вулканы Ломоносова, Григорьева, Татаринова, Чикурачки и подводный вулкан 1.3. Вулканы Пик Фусса и Анциферова принадлежат к промежуточной зоне магмогенезиса. Алаид и подводные вулканы Григорьева и 1.4 относятся к тыловой зоне.

Особенности геохимического состава свидетельствует о субдукционной природе вулканизма. Ярko выраженный Ta-Nb минимум на спайдердиаграммах, увеличение несовместимых элементов (Rb, Ba, K) от фронта к тылу подтверждают зависимость составов вулканических пород от глубины до зоны субдукции.

Минеральный состав вулкаников также имеет определённые закономерности. Так, для фронта характерны Rх- содержащие андезибазальты и базальты, для промежуточной зоны - андезибазальты, для тыловой зоны - Rх и Hbd- содержащие базальты и андезибазальты.

Геохимическое картирование вулканических пород Северных Курил проводилось по методике Pearce et. al., 2005. Относительно повышенные содержания Ta/Yb, Nb/Ta свидетельствуют об обогащении мантии в тыловой зоне. Промежуточная зона характеризуется максимальным процентом (> 50 %) вовлечения в магмогенезис «глубокого» субдукционного компонента (плавление осадков погружающей плиты). Тыловая зона имеет максимальный процент (>25%) «поверхностного» субдукционного компонента (дегидратация океанической плиты).

Для изучения состава субдукционного флюида проводилось сравнение новых полученных данных по редким элементам в вулканиках и составом осадков, погружающихся в зоне субдукции. Выявилось влияние дегидратации океанической плиты в тыловой части изучаемого района. Плавление осадков погружающей плиты больше характерно для промежуточной зоны, в меньшей степени для тыловой.

Экспериментальное моделирование % OIB (базальт океанических островов) компонента и фактора деплетации (ФД) проводилось по методике Pearce, 1983 Pearce & Parkinson, 1993, Plank & Langmuir , 1988. Наиболее деплетированный источник находится в тыловой части - ФД 2,56, процент парциального плавления (ПП) – 18-20%. Промежуточная зона менее деплетирована - ФД 1,56, ПП 14-15%, + 5% OIB компонента. Тыловая зона имеет ФД 1,36, ПП 10-11%, + 14% 5% OIB компонента.

Изучение минерального и геохимического составов позволяют предположить, что магмогенезис Северных Курильских Островов имеет типично субдукционную природу. Выделяются три основные зоны магмогенезиса, зависящие от деплетированности или обогащённости мантийного источника, от различной степени парциального плавления, от различных типов флюидов.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОСТАВА СВОБОДНЫХ И РАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ В
ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КАЛЬДЕРЫ АКАДЕМИИ НАУК

Кузьмин Д.Ю.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
devis@ksnet.ru

На протяжении более 10 лет ведется мониторинг за состоянием термальных источников кальдеры Академии наук. Практически все термальные источники имеют выходы свободного газа, пробы которого всегда отбирались. Обычно пробоотбор проводится весной, в конце апреля - начале мая и летом, в августе. На основании полученных данных можно проследить за изменением состояния различных гидротермальных систем, расположенных в кальдере Академии наук. Выделены закономерности поведения новообразованных источников на полуострове Новомодном и источников Академии наук. Предложена модель распределения газового питания термальных источников в кальдере Академии наук.

ПРОДУКТЫ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2011Г.

Максимов А.П., Малик Н.А., Ананьев В.В.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

В ходе извержения вулкана Кизимен, продолжающегося с октября 2010 г., на восточных и юго-восточных склонах вулкана было сформировано широкое поле пирокластических отложений и мощный лавовый поток, двумя языками спускающийся по восточному склону. Кроме того, по долине ручья Поперечного прошли пирокластические и грязевые потоки.

Получены первые результаты петрохимического и минералогического изучения твердых продуктов извержения вулкана Кизимен в 2011 г. Образцы отбирались в январе А.А. Овсянниковым и С.Б. Самойленко, июле В.В. Ящук, сентябре Н.А. Малик и в декабре В.В. Ящук. Исследованные образцы представляют различные вулканические фации: лапилли (образцы января), различные обломки на пирокластических отложениях в долине ручья Поперечного (июль), породы и заполнитель пирокластического потока, а также образцы лавового потока, отобранные у подножия конуса вулкана вблизи и на фронте лавового потока (сентябрь и декабрь). Все породы хорошо раскристаллизованы, от светло-серого (пирокластический поток) до темно-серого (лавы) цвета, в различной степени пористые. Характерно присутствие в порах пирокластических пород нитей и тяжей бесцветного стекла и отсутствие таковых в образцах лавового потока.

Петрохимически образцы относятся к андезитам, охватывая интервал SiO_2 от 56.3 до 63.5 %. На графике $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ они образуют единый тренд в центре поля среднекалевой серии. По соотношению FeO^*/MgO составы пород слабо варьируют с изменением SiO_2 , переходя из области толеитовой серии для более основных составов в область известково-щелочной серии с повышением кислотности. Следует отметить, что со временем, в течение 2011 г., наблюдается закономерное изменение кислотности пород. Образцы, отобранные в январе и июле, содержат 60 % SiO_2 . Породы пирокластического и лавового потока, взятые в сентябре, отличаются на более высокой кислотностью: 59.2 – 63.5 % SiO_2 . В пирокластике и лаве декабрьской порции произошло существенное повышение основности (56.5 – 59 % SiO_2). Породы пирокластического потока по сравнению с лавами заметно менее окислены, судя по соотношению закисного и окисного железа.

Гранулометрический состав заполнителей пирокластических потоков, отобранных в сентябре и декабре, удивительно сходен с гранулометрическим составом заполнителя пирокластических потоков в Безымянного (Гирина, 1998).

Среди вкрапленников в изученных породах преобладают плагиоклаз (An_{50-85}) и амфибол ($\text{F}/\text{FM} - 0.25-0.40$). Кроме того, присутствуют Orx (En_{64-78}), Aug ($\text{En}_{43-48.5} \text{Fs}_{13-18} \text{Wo}_{34.5-42}$), Ol ($\text{Fo}_{72-76.5}$), Mt (6-14 % TiO_2), и Ilm . В интерсертальной основной массе среди микролитов плагиоклаза, пироксенов и магнетита имеется небольшая доля кислого стекла (75-80 % SiO_2). Породы лавового потока характеризуются заметно более низкой долей стекла по сравнению с андезитом пирокластического потока. Примечательной чертой основной массы породы лавового потока является, обнаруженное на микрозонде, наличие двух стекол, различающихся по содержанию K_2O (0 и ~ 4 %), что свидетельствует о ликвации расплава на заключительной стадии его кристаллизации. Текстурные и химические особенности пород пирокластических потоков (наличие нитей стекла, более высокая доля стекла в основной массе, меньшая окисленность) указывает на их быстрое извержение с резкой дегазацией и закалкой по сравнению с породами лавовых потоков.

Высокая степень кристалличности и крайне высокие содержания SiO_2 в остаточном стекле говорят о чрезвычайно большой вязкости извергающейся магмы. Вещество с такой вязкостью должно обладать высоким значением предела текучести, что в свою очередь может объяснять специфическую особенность поверхностной сейсмичности типа «drumbeats» (Фирстов, Шакирова, 2011), сопровождающей извержение.

ПИРОКЛАСТИКА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ В 2005-2011 ГГ.

Малик Н.А., Маневич А.Г., Маневич Т.М., Овсянников А.А.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
lav217@kscnet.ru*

Карымский вулкан – один из самых регулярно извергающихся вулканов мира. Текущее извержение началось 01.01.1996 г. после 14-летнего периода покоя и носит преимущественно эксплозивный характер.

Отбор пепла производился ежегодно в основном методом геохимической снегосъёмки, что дало возможность получить информацию о всех пеплопадах за сезон снегонакопления (с ноября по апрель).

Масса изверженного пепла за период 2005-2011 гг. составила около 10 млн. т.

Результаты химического анализа тефры за рассматриваемый период не выявили заметных тенденций в изменении содержания отдельных окислов, а также различий в химическом составе по сравнению с породами данного извержения, поступившими на поверхность в 1996-2004 гг. Породы отвечают андезитам с вариацией основных окислов за период 2005-2011 гг. в пределах: SiO_2 59,5-62,7%, Al_2O_3 14,7-17,1%, Fe_2O_3 1,2-4,2%, FeO 3,9-5%, MgO 1,5-2,6 %, CaO 5,1-6,2%, Na_2O 4-4,8%, K_2O 1,3-1,6%.

Минерализация вытяжек из пеплов, отобранных на расстояниях 1,5-10 км от вулкана изменяется в пределах 50-400 мг на 100 г и зависит, по-видимому, от гранулометрического состава пепла. В целом, это меньше, чем на других андезитовых вулканах, что, вероятно, связано с преобладанием более крупной фракции пепла. Среди анионов, которые отражают состав вулканических газов преобладает сульфат-ион, далее – хлорид- и в меньшей степени - фторид-ионы. Соотношение сульфат- и хлоридионов в пересчете на S/Cl изменяется от 0,4 до 5, но большинство вытяжек имеют значения близкие к среднему – 1.

Ежегодно на территории, прилегающей к вулкану, в окружающую среду вместе с пеплом выносятся около 2,3 тыс. т. водорастворимых веществ.

МАЛОГЛУБИННОЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ
ФУМАРОЛЬНЫХ ПОЛЕЙ ВУЛКАНА ЭБЕКО

Панин Г.Л.¹, Котенко Т.А.², Бортникова С. П.¹

¹ *Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

paningl@ipgg.nsc.ru, kotenko@sakhalin.ru

Приводятся данные о проведенном геофизическом зондировании четырех фумарольных полей вулкана Эбеко на о. Парамушир (поля Северо-Восточное, Июльское, Юго-Восточное и Южного кратера) с целью уточнения характера транспорта вещества в приповерхностных условиях. Был применен один из методов неразрушающего контроля среды - электротомография. Комплекс многоэлектродной электроразведки на постоянном токе «Скала-48» разработан в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН. Идентификация каналов гидротерм и фумарол во вмещающих породах возможна благодаря контрастным удельным электрическим сопротивлениям объектов (УЭС).

В результате получены карты, а также изоповерхности УЭС до глубины 20-40 м и информация о подповерхностном пространстве и наличии и конфигурации каналов термальных котлов и фумарол. В частности, для поля Июльское установлен на глубине около 20 м протяженный канал, соединяющий это поле и Активную воронку Северного кратера. Этот «трубопровод» обеспечивает ярко выраженную связь термальной активности Северного кратера и поля Июльское.

ПРИРОДНЫЕ ФАЗЫ Au-Ag-Pb-Sn-Sb-Bi В ШЛИХОВЫХ ОРЕОЛАХ Р. ОЛЬХОВАЯ-1
(КАМЧАТСКИЙ МЫС, ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Сандимирова Е.И.,¹ Сидоров Е.Г.¹, Чубаров В.М.¹, Ибрагимова Э.К.², Антонов А.В.²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

² *ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург*

sand@kscnet.ru

Россыпь золота р. Ольховая-1 приурочена к крупному массиву гипербазитов и расположена в пределах центральной части полуострова Камчатский Мыс. Изучение вещественного состава золота показало, что в ассоциации с ним встречаются природные сплавы и интерметаллиды системы Au-Ag-Pb-Sn-Sb-Bi, среди которых преобладает Pb и его соединения. За исключением Au и Ag, соединения этих элементов в природе встречаются не часто. Их обнаруживают в коренных или россыпных месторождениях золота, в том числе связанных с серпентинизированными и родингитизированными базит-гипербазитовыми породами (Новгородова, 1983; Разин, Сидоренко, 1989; Спиридонов и др., 1997; Спиридонов, 2010). На Камчатке подобные находки описываются впервые.

Частицы сплавов и интерметаллидов, как правило, имеют неправильную форму и размер около 1-2 мм. Они встречаются в виде пластинок, «трубочек», изометричных зерен, а также в форме почти идеальных сфероидов. Иногда находятся в тесном срастании с самородным золотом, галенитом, опалом, пороодообразующими и редкими минералами (андезин, Ст-шпинель, амфиболы типа тремолита-актинолита, графит), содержат мелкие включения кварца и других минералов. Частицы имеют серебристо-серый цвет, поверхность часто покрыта налетами или корочками гипергенных минералов, которые имеют приглушенные оранжево-красные, серовато-белые, светлые зеленоватые и темно-коричневые цвета. В полированном срезе в зернах наблюдаются характерные пятнистые, губчатые и ячеистые (типа эвтектоидных) структуры распада и замещения, обусловленные микросрастаниями двух или более минеральных фаз.

С помощью микрозонда Camebax N 244, укомплектованного энерго-дисперсионным спектрометром X-MAX (ИВиС ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский) и энерго-дисперсионного спектрометра Link Pentafet (ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург) было установлено, что частицы представлены следующими металлами и их соединениями: Pb; Sn; Bi; BiO (бисмутин); PbO (глёт, массивот); PbO₂ (скрутинит); фаза (Pb,Sb,O), близкая к искусственному соединению PbSb₂O₄; фазы (Pb,Sb), которые рассчитываются на формулу Pb₃Sb-Pb_{1,36}Sb_{2,64}; фазы (Au,Ag,Pb,Sb), близкие к анюйиту (AuPb₂) – Au(Pb,Sb)₅ или (Au,Ag)(Pb,Sb)₅ и Au(Pb,Sb)₂; фазы (Au,Ag,Sn) – по расчетам близки к (Au,Ag)₃Sn и (Au,Ag)Sn; фазы (Au,Sn) – AuSn (юан-жиангит) и AuSn₃; фаза (Au,Pb) – AuPb₃ (новоднеприт); фазы (Pb,Sn) – Pb₃Sn и Pb_{2,21}Sn_{1,76}.

Помимо упомянутых фаз, очень редко в самородном золоте в виде мелких (< 10 мкм) угловатых включений встречается алтаит (PbTe), а в сфероиде состава Pb+(Pb,Sb) обнаружены мелкие (< 10 мкм) включения купростибита (Cu₂Sb). Купростибит в виде угловатых кристаллов располагается между зерен Pb, в фазе (Pb,Sb).

Строение зерен, взаимоотношение с пороодообразующими минералами, срастания с самородным золотом, галенитом и другими минералами позволяют говорить о том, что это природные образования. Они формируются в условиях низкой фугитивности серы, отлагаются из гидротермальных растворов с высокой долей газовой составляющей во флюиде (поры, газовые полости внутри зерен). Подобные соединения относят к поздним минеральным ассоциациям.

ЗАВИСИМОСТЬ АККУМУЛЯЦИИ РЯДА ЭЛЕМЕНТОВ ЦИАНОБАКТЕРИЯМИ ОТ УСЛОВИЙ СРЕДЫ.

Тембрел Е.И.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Представляет интерес изучить поведение бактериального сообщества, развивающегося в потоке термальных вод и факторы, определяющие степень аккумуляции ряд элементов данным сообществом.

Учитывая большую физиологическую роль металлов, особенно железа и марганца, в жизнедеятельности водорослей, представляет интерес изучить геохимические особенности взаимодействия металлов, находящихся в термальных водах, с бактериальным сообществом, в процессе формирования цианобактериального мата. С этой целью во время полевых работ на Камчатке (в кальдере вулкана Узон, на Верхне- и Нижне- Апапельских источниках и на источниках Академии наук) были отобраны пробы термальной воды и контактирующей с ней биомассы мата. Основной задачей настоящего исследования является изучение степени и условий, определяющих аккумуляцию тяжелых металлов и металлоидов биомассой цианобактериальных матов различных гидротерм. Изучалось содержание металлов (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Cr, Pb, Cd) и металлоидов (As, Sb) в пробах термальных вод и цианобактерий камчатских источников. Также описаны параметры протекающей воды – pH, Eh, t^0 и видовой состав термофильных сообществ.

Сообщества водорослей в процессе своего метаболизма захватывают из термальных вод, утилизируют и выделяют в воду в виде метаболитов многие металлы, причем степень их бионакопления весьма высока.

Вариабельность содержания десяти изученных элементов в термальных водах различных источников весьма высока, что отражает геохимическую специализацию вулканогенных гидротермальных систем. Благодаря этому мы могли изучать поведение термофильных сообществ при разной концентрации изучаемых элементов в растворе.

Нами описан процесс аккумуляции микроэлементов из термальных вод биотой. При протекании термальной воды по поверхности цианобактериальных матов (и при насыщении мата водой) происходит биогеохимическое взаимодействие водорослей и термальной воды. Полученные нами данными свидетельствуют о влиянии сообщества цианобактерий на концентрацию тяжелых металлов в протекающей воде, а также о высокой интенсивности бионакопления этим сообществом ряда тяжелых металлов и металлоидов.

Результаты наших исследований показали, что тяжелые металлы и металлоиды аккумулируются цианобактериями в разной степени: максимальные коэффициенты концентрации ($n \cdot 10^5$) были получены для Mn и Fe, в то время как минимальные ($n \cdot 10^1 - 10^2$) – для As и Sb.

Выявленные закономерности показали, что в первую очередь степень аккумуляции зависит от содержания элементов в растворе, также влияние оказывают физико-химические характеристики среды - pH и Eh. В меньшей степени накопление зависит от видового состава сообщества.

В стендовом докладе планируется разместить 2 таблицы, 6 графиков и 5 фотографий.

ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБВАЛЬНО-ВЗРЫВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА

**Федорченко И.А.¹, Делемень И.Ф.¹, Бубнов А.Б.², Рылов Е.С.¹,
Павлова В.Ю.¹, Акбашев Р.²**

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

²*Малое инновационное предприятие при КамГУ им. Витуса Беринга
ООО НИЦ «Геоконсалтинг»*

Северной часть Петропавловска-Камчатского и населенные пункты между краевым центром и г. Елизово расположены на лавинных отложениях обвално-взрывного происхождения, сформировавшихся в конце плейстоцена при разрушении постройки Древнего Авачинского вулкана. Значительные объем (16 – 20 км³), высота скатывания Н (> 3 км) и длина пробега L (около 30 км) при обычном для таких обломочных лавин значении отношения Н/L = ~ 0,10 вызывают большой интерес к исследованию их строения и состава. Хотя эти отложения достаточно хорошо изучены (работы И.В. Мелекесцева, В.В. Пономаревой, О.В. Дирксена и др.), однако имеется ряд нерешенных вопросов, в том числе вопрос о пространственном распределении различных литологических типов отложений, слагающих холмы и западины на поверхности лавины. Помимо теоретического значения (уточнение генетических особенностей формирования отложений), решение этого вопроса имеет важное практическое значение, т.к. определяет планировочные ограничения в размещении зданий и сооружений.

Исследование строения холмов и западин выполнялось с использованием методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) в сочетании с георадарным профилированием. Глубина зондирования составила 4 – 10 м (георадарное профилирование) и 15-30 м (ВЭЗ).

По итогам работ сделаны выводы о принципиальном различии строения зоны транзита и зоны аккумуляции лавинных отложений. Практически повсеместно рассматриваемые отложения перекрыты чехлом (мощностью от 0,5 до 10-15 м) более молодых полигенных отложений. Вдоль вытянутой оси ареала лавинных отложений мощности перекрывающих её отложений возрастает по мере удаления от очаговой зоны. Вкрест ареала построение изопакит перекрывающих отложений позволяет выявить участки развития постлавинных эрозионных врезов. При снятии чехла перекрывающих рыхлых отложений удастся восстановить первичный холмисто-западинный рельеф отложений вплоть до фронтальной части лавины, достигающей пойменной части современной долины р. Авача. Холмы на поверхности отложений вытянуты вдоль длинной оси ареала и сложены крупноглыбовыми отложениями в центральной части холма, тогда как к основанию холма возрастает относительное содержание мелкообломочной фракции. Особенности строения холмов находят отражение в геоэлектрическом разрезе и на радарограммах.

В строении западин участвуют преимущественно дресвяно-щебенистые отложения с включением отдельных глыб. На радарограммах и геоэлектрических разрезах уверенно выявляются горизонты озерных отложений и диатомитов, сформировавшихся в озерной обстановке. В дальнейшем переход от работ на отдельных профилях к площадной геоэлектрической и георадарной съемке позволит построить детальные карты строения лавинных отложения и распространения палеоозер.

ДИНАМИКА ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА КИЗИМЕН В 2009 - 2012 Г.
И ЕЁ ПРОЯВЛЕНИЕ В СЕЙСМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ

П.П.Фирстов, А.А.Шакирова

Камчатский филиал Геофизической службы РАН

С февраля 2011 г. на вулкане Кизимен начал выжиматься лавовый поток, длина которого в настоящее время достигла почти 5 км. Выжимание вязкого лавового потока сопровождалось по данным ближайших к вулкану сейсмических станций KZV (2.6 км) и TUMD (6 км) необычной сейсмичностью в виде квазипериодичного появления микроземлетрясений с амплитудой одного уровня длительностью от десятков минут до нескольких часов. С 13 мая микроземлетрясения с квазипериодичностью от 8 до 50 секунд и энергетическим классом $K = 2.0 - 5.5$ ($K = \lg E$, Дж) начали регистрироваться непрерывно. Отличительной особенностью такой сейсмичности являлось квазипостоянство K на длительных временных участках. При малых интервалах времени между микроземлетрясениями запись сливалась, становилась непрерывной и напоминала спазматическое вулканическое дрожание. Квазирегулярное появление микроземлетрясений зарегистрированных во время выжимания отдельных блоков вязкой магмы на экструзивном куполе вулкана Сент-Хеленс в работах американских вулканологов было названо «drumbeats» - барабанный бой.

В связи с ограниченной системой сейсмических наблюдений и невозможностью точного определения эпицентров микроземлетрясений режима «drumbeats», рассмотрены изменения разностей вступлений P волн и $S-P$ на станциях KZV и TUMD на 6 дат, во время которых уверенно выделялись S и P волны. Как видно на рисунке, наблюдается закономерное статистически значимое изменение вступлений сейсмических волн на этих сейсмостанциях. Увеличение $S-P$ на с/ст KZV 0.7 до 1.5 с при среднеквадратичной ошибке $\sigma = 0,2$ с, и уменьшение $P_{TUMD}-P_{KZV}$ с 0,9 до 0,5 с при $\sigma = 0,1$ с свидетельствуют о том, что эпицентры землетрясений удаляются от станции KZV и приближаются к станции TUMD. По пространственному расположению лавового потока и сейсмических станций логично предположить, что в настоящее время микроземлетрясения режима «drumbeats» генерируются фронтом вязкого лавового потока.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ВУЛКАНОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Чебров В.Н.¹, Дрознин Д.В.¹, Дрознина С.Я.¹, Захарченко Н.З.², Кугаенко Ю. А.¹, Мишаткин В.Н.², Нуждина И.Н.¹, Сеньюков В.А.¹, Сергеев С.А.¹, Сероветников С.С.¹, Титков Н.Н.¹, Фирстов П.П.¹, Ящук В.В.¹

¹ Камчатский филиал Геофизической службы РАН

² Геофизическая служба РАН, Обнинск

Имеющаяся система мониторинга вулканической деятельности на Камчатке и Курильских островах обладает рядом недостатков:

- не обеспечивается на необходимом уровне детальности сейсмический мониторинг активных вулканов Камчатки, а на Курильских островах он отсутствует в целом;
- технические характеристики сейсмометрических каналов сейсмических станций на вулканах не отвечают современным требованиям по частотному и динамическому диапазону, что не позволяет надежно контролировать процессы подготовки и реализации извержений вулканов;
- в системе комплексных наблюдений за активностью вулканов не используются на должном уровне такие виды наблюдений как акустические, деформационные и дистанционные наблюдения за эмиссией газов.

Для повышения эффективности и оперативности прогнозов вулканической опасности создается система комплексного мониторинга вулканов Дальневосточного региона (СКМВ). СКМВ включает следующие структурные компоненты:

- специализированные (автономные и стационарные) пункты наблюдений за вулканической деятельностью (ПНВ), оснащенные техническими и программными средствами каналов связи для передачи данных наблюдений в реальном масштабе времени;
- информационно-обрабатывающие центры (ИОЦ) данных комплексных наблюдений с коммуникационной системой сбора данных в реальном масштабе времени.

Для решения поставленной задачи:

- разработаны структура макета специализированного ПНВ, требования к техническим средствам ПНВ на общесистемном уровне, требования к составным частям ПНВ;
- проведен выбор первоочередных объектов комплексного мониторинга вулканической деятельности в Дальневосточном регионе.
- разработаны предложения по размещению ПНВ на базе имеющейся инфраструктуры системы сейсмологических наблюдений в Дальневосточном регионе;
- определены основные виды наблюдений для ПНВ: сейсмические, деформационные, газовые, акустические, электромагнитные и видео;
- проведено опробование элементов макета ПНВ на сейсмических станциях Камчатского филиала ГС РАН.

Учитывая изученность вулканов, их опасность для населения и полетов авиации, а также наличие опыта наблюдений, в качестве первоочередных объектов выбраны: на п-ве Камчатка – вулканы Северной группы (Шивелуч, Ключевской, Безымянный), Кизимен, Карымский и Авачинской группы (Авача, Корякский), а также Мутновский и Горелый; на Северных Курильских островах – вулкан Эбеко; на Южных Курильских островах – вулканы острова Кунашир (Тятя, Менделева, Головнина).

Создание СКМВ ведется в рамках ФЦП "Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года".