

УДК 551.21 (571.645)

А.В.РЫБИН, М.В.ЧИБИСОВА, И.Г.КОРОТЕЕВ

Проблемы мониторинга вулканической активности на Курильских островах

Рассматривается современный мониторинг вулканической активности на Курильских островах. Установлено, что данные спутникового зондирования TERRA и NOAA эффективны и экономически целесообразны для оперативного мониторинга вулканической активности труднодоступных территорий. Детальный анализ данных дистанционного спутникового зондирования позволил уточнить динамику извержения вулкана Пик Сарычева.

Ключевые слова: вулканизм, мониторинг вулканической активности, Курильские острова.

The problems of volcanic activity monitoring on the Kurile Islands. A.V.RYBIN, M.V.CHIBISOVA, I.G.KOROTEEV (Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk).

Present-day monitoring of volcanic activity on the Kurile Islands is considered. Data of TERRA and NOAA satellite sounding are disclosed to be effective and economically expedient for operative monitoring of the volcanic activity in hard-to-reach areas. Detailed analysis of remote satellite sounding data allowed us to specify the dynamics of Sarychev Peak volcano eruption.

Key words: volcanism, monitoring of volcanic activity, Kurile Islands.

На Курильских островах выделяется более 68 четвертичных вулканических построек, среди которых 36 являются действующими и потенциально опасными. За последние 45 тыс. лет произошло не менее 12 гигантских эксплозивных извержений, связанных с образованием кальдер. Во время таких извержений формировались пемзовые туфовые покровы, значительно повлиявшие на климат и окружающую среду, вплоть до полной перестройки ландшафта, возникали гигантские цунами [11]. За исторический период (около 300 лет для Курильских островов) документально зафиксировано 29 сильных и катастрофических извержений. В XX в. наиболее активными и продуктивными по объему изверженного материала были вулканы Средних и Северных Курильских островов (рис. 1). Эти же тенденции продолжились и в текущем столетии. Эксплозивные извержения неоднократно происходили на влк. Чикурачки [3, 4]. Фреатические и фреатомагматические взрывы были зафиксированы на вулканах Эбеко, Берга, Чиринкотан, Севергина. Для курильских вулканов характерны извержения наиболее опасного – эксплозивного (взрывного) – типа, при которых радиус поражаемой зоны может достигать 25–30 км. Подобные извержения часто сопровождаются формированием палящих туч, пирокластических и грязекаменных потоков, протяженность которых может достигать нескольких километров.

РЫБИН Александр Викторович – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, ЧИБИСОВА Марина Владимировна – младший научный сотрудник, КОРОТЕЕВ Игорь Геннадьевич – ведущий инженер (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск). E-mail: rybin@imgg.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума ДВО РАН, администрации Сахалинской области, грантов РФФИ 09-05-151-к и ДВО РАН 10-III-Д-08-043, 09-III-А-08-440.

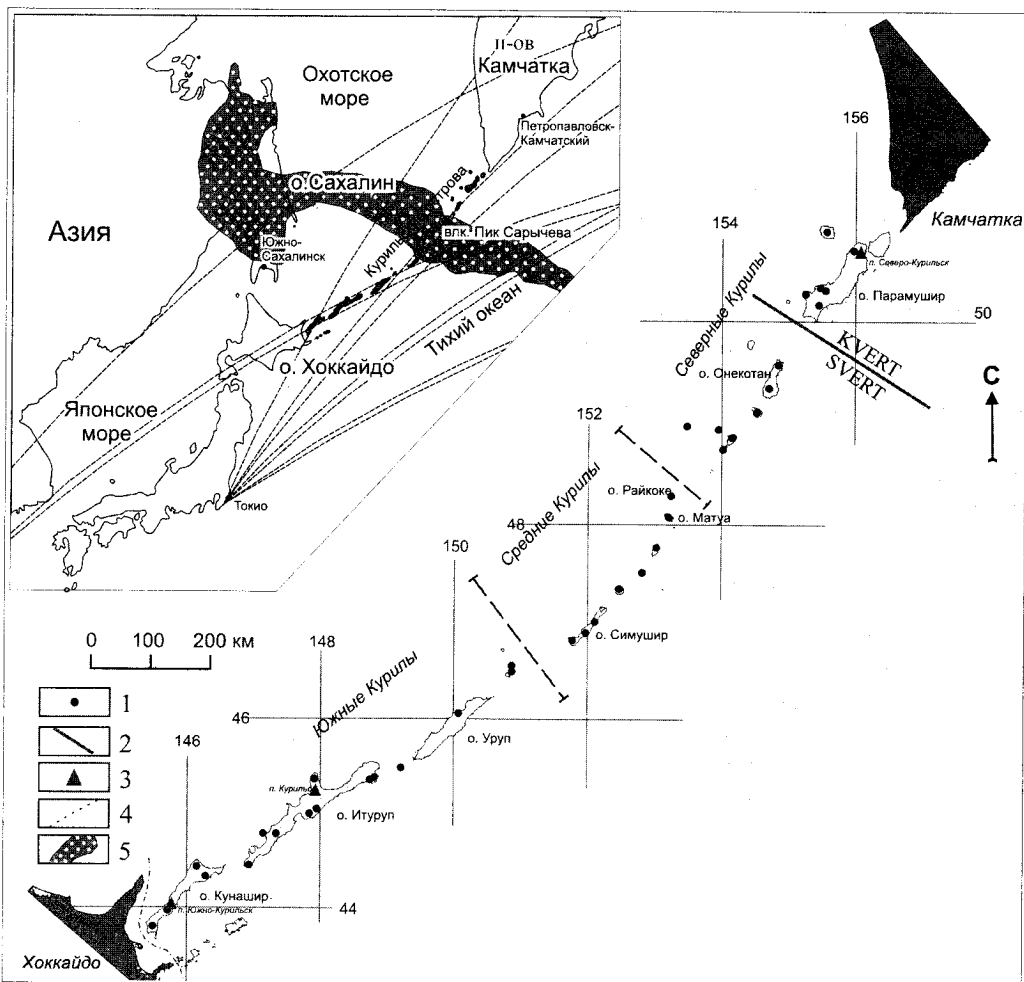


Рис. 1. Активные вулканы Курильских островов и зоны ответственности мониторинга вулканической активности SVERT (Сахалинская группа реагирования на вулканические извержения) и KVERT (Камчатская группа). 1 – активные вулканы; 2 – граница мониторинга групп SVERT и KVERT; 3 – сейсмостанции СФ ГС РАН; на врезке: 4 – основные маршруты авиалиний, проходящих вдоль Курильских островов; 5 – облако аэрозоля от влк. Пик Сарычева 11–17 июня 2009 г.

Вулканическая опасность на Курильских островах

Благодаря слабой заселенности Курильских островов ущерб от извержений был не столь значителен, как на густонаселенных островных территориях (Индонезия, Япония и др.). Документально зафиксирован ряд случаев, когда усиление активности курильских вулканов сопровождалось материальными потерями и человеческими жертвами.

В 1778 г. на влк. Райкоке под градом вулканических бомб погибли 15 российских промышленников. Имеются исторические сведения об уничтожении айских поселений на о-ве Шиашкотан при сходе раскаленных пирокластических лавин с влк. Синарка [6]. В 1933 г. на о-ве Харимкотан было разрушено японское поселение, цунами, вызванные извержением, привели к гибели нескольких человек на соседних островах Онекотан и Парамушир [12]. На о-ве Магуа в 1946 и 1976 гг. из-за сильных взрывов влк. Пик Сарычева проводилась эвакуация воинских частей. При извержении влк. Тятя в 1973 г. разрушена пограничная застава на п-ове Ловцова (юг о-ва Кунашир). В пос. Южно-Курильск, расположенном в 60 км от вулкана, выпадал пепел, была сильная паника среди населения.

Такую же реакцию вызвала небольшая активизация влк. Иван Грозный на о-ве Итуруп в 1989 г. [1].

В настоящее время постоянное население на Курильских островах проживает только на южных (Кунашир, Итуруп, Шикотан) и северных (Парамушир и Шумшу) островах, практически все жилые поселки (за исключением расположенных на о-ве Шикотан) находятся в зонах вулканической опасности.

В последние десятилетия в связи с расширением объема и географии авиаперевозок участились случаи попадания авиалайнеров в облака вулканических пеплов. Вдоль Курильских островов проходит наибольшее количество авиатрасс (рис. 1), соединяющих Аляску с Восточно-Азиатским регионом. Только на Аляске за последние 40 лет произошло 4 серьезных случая попадания самолетов в пепловые облака при извержениях вулканов на Алеутских островах. При извержении влк. Пик Сарычева 12–17 июня 2009 г. изменены 65 маршрутов, проходящих вдоль Курильских островов, 6 отклонены от курса, 2 борта вернулись в аэропорт отправления, совершено 12 незапланированных посадок для дозаправки [20]. Дополнительные затраты авиаперевозчиков от извержения влк. Пик Сарычева оценены в 1,8 млн долл.

Мониторинг вулканической активности

В мировой практике для прогнозов вулканических извержений используются дистанционные комплексные геофизические и геохимические методы, которые дают довольно обширную информацию о динамике недр под вулканами и позволяют с большой долей вероятности прогнозировать извержения. В России подобная система организована на Камчатке в рамках структурных подразделений Российской академии наук. Радиотелеметрическая сеть позволяет проводить сейсмический мониторинг вулканов Камчатки с различной степенью детальности. В комплексе с наземными геофизическими методами для предсказания вулканических извержений используются материалы космического дистанционного зондирования [5, 15].

Для территории Курильских островов подобной системы для предсказания извержений и уменьшения ущерба от них пока не существует. Имеющиеся сейсмостанции на островах Кунашир, Итуруп и Парамушир (рис. 1) из-за слабой оснащенности и удаленности от активных вулканов не могут быть использованы для контроля вулканической активности.

Для более детальных наблюдений и прогноза извержений необходимо переоснащение базовых станций аппаратурой нового поколения с цифровой регистрацией и создание на этой основе телеметрических систем наблюдения в первую очередь для вулканов Тятя, Менделеева, Иван Грозный, Баранский, Чирип и Богдан Хмельницкий, Эбеко, Чикурачки и Алайд как наиболее опасных для населения Курильских островов. Развитие сейсмических методов требует больших капиталовложений и в ближайшие годы экономически целесообразно только для перечисленных выше объектов, которые составляют около 20% от общего числа активных вулканов Курильских островов. Большая же часть действующих вулканов расположена на значительном удалении от населенных пунктов, морских транспортных путей, и в ближайшие десятилетия они вряд ли будут охвачены постоянными наземными наблюдениями.

ИМГиГ ДВО РАН получает информацию о вулканической активности на Курильских островах. На Южных Курилах ежегодно обследуются фумарольные поля активных вулканов, проводятся массовые замеры температуры, pH, а также фото- и видеосъемка участков.

В рамках международного проекта «Курильский биокомплексный проект: человеческая уязвимость и способность к восстановлению при субарктических изменениях» национального научного фонда США (NSF) ARC-0508109 и поддержке грантов РФФИ и ДВО РАН в 2006–2008 гг. организованы экспедиции на Средние и Северные Курильские острова. Наряду с основными задачами проекта – изучением биогеографических процессов взаимодействия

человека и природы – исследовались геодинамика, активный вулканизм и геологическое строение на островах Уруп, Симушир, Кетой, Янкича и Рыпонкича (острова группы Ушишир), Расшуа, Магуа, Шиашкотан, Онекотан. Это позволило впервые за последние 20 лет оценить современное состояние активных вулканов указанной части Курильских островов [8–10].

Совместно с лабораторией палеогеографии Тихоокеанского института географии ДВО РАН изучены разрезы почвенно-пирокластических чехлов по обрамлению вулканов Средних и Северных Курильских островов. Выделены группы островов, на которых вулканы были слабо активны в среднем и позднем голоцене (Кетой, Расшуа, Шиашкотан) [13, 14].

В 1996–2000 гг. ИМГиГ ДВО РАН для контроля состояния вулканов брал данные с метеорологических спутников серии NOAA № 12 и 14 (радиометр AVHRR). Для приема информации использовалась станция «Скан Экс» Инженерно-технологического центра «Скан Экс» (г. Москва). За период наблюдений накоплен архив снимков, однако извержений вулканов на Курилах не зарегистрировано [2].

В 2003 г. для организации мониторинга активных вулканов Курильских островов на базе ИМГиГ совместно с Сахалинским филиалом геофизической службы РАН и ФГУ НПП «Росгеолфонд» при поддержке Аляскинской вулканологической обсерватории (AVO, University of Alaska, Fairbanks) была создана SVERT (Sakhalin volcanic eruptions response team) – группа оперативного реагирования на вулканические извержения (рис. 2). Ее зона ответственности включает территорию от о-ва Кунашир до о-ва Онекотан. Наблюдения за вулканами северной группы островов (Парамушир и Атласова) по взаимной договоренности проводит камчатская группа оперативного реагирования на вулканические извержения (KVERT) (рис. 1). Основные направления деятельности группы SVERT связаны со сбором и анализом всей доступной информации по активным вулканам и созданием на этой базе ежедневных информационных отчетов. Основой для ежедневного мониторинга служат данные высокоорбитальных метеорологических спутников TERRA (спектрорадиометр MODIS) и NOAA (спектрорадиометр AVHRR). Материалы, полученные за этот период, показывают, что на основе методов дистанционного спутникового зондирования (ДСЗ) возможна фиксация даже незначительных изменений в состоянии вулканов Курильских островов [19].



Рис. 2. Схема взаимодействия группы SVERT

В 2009 г. ИМГиГ ДВО РАН начал создавать систему видеонаблюдений за активными вулканами Южных Курил. На первом этапе IP-видеокамера Trendnet TV-IP201W установлена на сейсмостанции пос. Южно-Курильск на расстоянии 11 км от влк. Менделеева. Для передачи по сети Интернет используется стандартное оборудование провайдера с настроенной маршрутизацией. Материалы наблюдений в настоящее время доступны на серверах <http://www.imgg.ru> и <http://webcam.sakh.com/?webcam=mendeleev&lang=ru>. В 2010 г. планируется установить вебкамеры для наблюдений за вулканами Тятя (о-в Кунашир), Иван Грозный и Баранского (о-в Итуруп).

Извержение вулкана Пик Сарычева

Последнее извержение на Курильских островах произошло в июне 2009 г. на влк. Пик Сарычева. Предварительные результаты наблюдений приведены в работах [7, 18]. В последнее время данные уточнены за счет привлечения информации геостационарного спутника MTSAT и группы озонового мониторинга NASA.

11 июня в 00:30 (здесь и далее время по Гринвичу) группой SVERT с помощью спектрорадиометра MODIS на влк. Пик Сарычева зафиксированы первые признаки вулканической активности в виде сильной термальной аномалии и двух слабых пепловых выбросов в 02:00 и 07:00 (рис. 3).

12 июня активность вулкана усилилась, произошло 8 вулканических взрывов, высота пепловой колонны над кромкой кратера составляла 5–12 км. Наиболее сильное событие за эти сутки отмечено в 07:57, на высоте около 12 км образовалось плотное пепловое облако диаметром 35 км. Через 3,5 ч облако, не меняя формы, сместилось на 30 км восточнее вулкана. В 14:57 пепловые шлейфы увеличивались в размерах, протянулись в юго-восточном направлении на более чем 500 км, на юго-запад – более 150 км. Извержение сопровождалось сходом горячих пирокластических потоков по северному и северо-западному склонам вулкана.

13 июня с 01:30 до 04:50 произошла серия взрывов, максимальная высота пепловых колонн над кромкой кратера достигала 10 км. В 01:30 на спутниковых снимках наблюдалось пепловое облако диаметром более 50 км, за 2 ч оно сместилось на 80 км от о-ва Матуа в юго-восточном направлении. В 04:50 на космических снимках отмечено пепловое облако изометрической формы диаметром 18 км, в течение часа облако увеличилось в размерах до 60 км, затем его плотная часть сдвинулась на восток, образуя шлейф протяженностью более 500 км в юго-восточном направлении. В 09:30 произошел выброс высотой около 10 км, через 5 ч пепловое облако имело диаметр 120 км, оно перемещалось в юго-восточном направлении, ширина пеплового шлейфа достигала 200 км. В 21:30 зафиксирован самый сильный взрыв за весь период извержения, в течение 4 ч диаметр плотной части пеплового облака увеличился в диаметре с 65 до 140 км. Пепловые шлейфы распространялись в двух направлениях: более плотная часть – на юго-восток, с пониженным содержанием пепла – на северо-запад. После этого вулканическая активность прервалась на 14 ч.

14 июня в 18:57 эруптивная деятельность вулкана продолжилась. Пепловое облако от наиболее сильной эксплозии имело диаметр около 20 км и за 3 ч его размер увеличился до 120 км, в 21:30 оно начало терять округлую форму, растягиваясь в западном и восточном направлениях.

15 июня отмечалось 7 взрывов, пепловые шлейфы от них перемещались в северо-западном и юго-восточном направлениях. В период между извержениями происходила непрерывная эмиссия пепла.

16–19 июня наблюдалось непрерывное поступление вулканического материала, которое сопровождалось слабыми вулканическими выбросами.

С 20 июня вулкан перешел в стадию сильной парогазовой активности, сопровождавшейся редкими взрывами с небольшим количеством пепла. С этой даты по октябрь на

Высота над уровнем моря, км

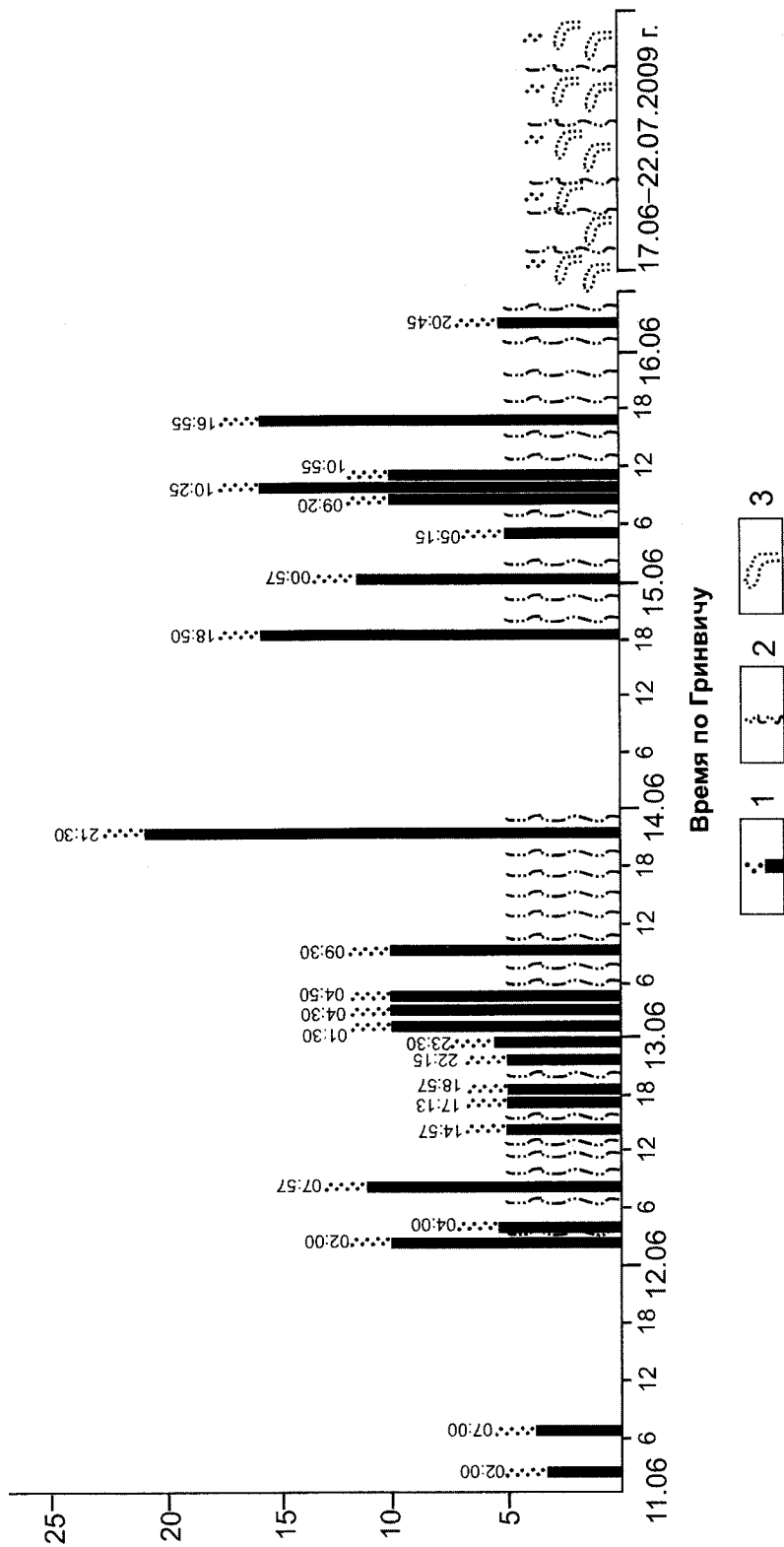


Рис. 3. Хронология извержения влк. Пик Сарычева в июне 2009 г. по данным дистанционного зондирования. 1 – вулканические взрывы; 2 – непрерывное поступление вулканического материала; 3 – парогазовые выбросы.

спутниковых снимках часто отмечается термальная аномалия, связанная с раскаленными пирокластическими потоками на склонах вулкана.

Выпадение пепла в период извержения (сборы материала и свидетельства очевидцев) отмечалось на островах Райкоке, Расшуа, Ушишир, Кетой, Симушир, в северной части о-ва Уруп, на всей территории Сахалина и в Хабаровском крае (рис. 1, врезка).

С 12 по 13 июля, после активной фазы извержения влк. Пик Сарычева, наблюдалась слабая активизация влк. Райкоке (о-в Райкоке). Парогазовый шлейф от вулкана, возможно с примесью пепла, простирался в северо-восточном направлении на 180 км.

По данным группы озонового мониторинга NASA, суммарная концентрация диоксида серы в аэрозоле с 11 по 17 июня была максимальной для Тихоокеанского региона в 2009 г., аэрозольные облака инструментальными методами (спутник AURA) зафиксированы вплоть до западного побережья Аляски (рис. 1). Данные спутника CALIPSO подтверждают выброс пеплового материала на высоту до 15 км и, возможно, до 21 км [18]. Ионы сульфата на таких высотах могут существовать длительное время и, отражая солнечный свет, вызывать похолодание.

Обсуждение результатов и выводы

Специфичность извержения влк. Пик Сарычева в июне 2009 г. заключается в исключительно эксплозивном характере извержения и выбросе большого количества вулканического материала в атмосферу.

В период 11–16 июня наблюдались две пароксизмальные фазы извержения из серий взрывов, разделенных 13-часовым перерывом.

Ретроспективно установлено, что перед извержением вулкана отмечались краткосрочные предвестники: увеличение газовой эмиссии и появление термальных аномалий.

Из-за сильной удаленности извержение не представляло существенной опасности для населенных пунктов. Выпадение небольшого количества вулканического пепла ощущалось только жителями о-ва Сахалин и восточной части Хабаровского края.

Эксплозивное извержение влк. Пик Сарычева в течение нескольких дней затрудняло работу авиакомпаний.

По спутниковым данным, аэрозольные облака распространялись на север и северо-запад на 1,5 тыс. км, на восток и северо-восток – более чем на 3 тыс. км. Вполне возможно, что они могли способствовать локальному изменению климата в Тихоокеанском регионе.

С начала 1970-х годов для центральной части Курильских островов существовал долгосрочный прогноз сильных землетрясений, основанный на выделении сейсмических брешей, в пределах которых не отмечались сильные землетрясения в течение последних 150 лет [17]. Этот прогноз успешно реализовался: 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. в районе Средних Курильских островов к юго-востоку от о-ва Симушир произошли сильнейшие землетрясения [16]. Через 2,5 года на фоне интенсивной релаксации напряжений в земной коре произошло извержение влк. Пик Сарычева [21]. Напрашивается вопрос о связи данных землетрясений с извержением влк. Пик Сарычева, на который ответить пока затруднительно. С одной стороны, в 150-летний период «сейсмического затишья» произошло порядка 11 извержений, и последнее не является чем-то необычным. С другой – сильные тектонические землетрясения и интенсивные процессы релаксации напряжений могли служить своеобразным триггером, подтолкнувшим уже подготовленную систему к извержению.

Методы ДСЗ – эффективные, экономически целесообразные инструменты оперативно-го мониторинга активных вулканов труднодоступных территорий Курильских островов. При мониторинге вулканической активности важна кооперация с AVO и группой KVERT, позволяющая обеспечить контроль вулканической активности в северо-западной части Тихоокеанского региона. Сообщения о ходе извержения регулярно передавались в МЧС Сахалинской области и зарубежным партнерам.

Для обеспечения безопасности населения Курильских островов от вулканических извержений требуется создание комплексной системы мониторинга для оперативного прогноза возможных сценариев вулканических извержений. В первую очередь, необходимы переоснащение базовых станций на Курильских островах аппаратурой нового поколения с цифровой регистрацией и создание на этой основе телеметрических систем наблюдения для вулканов Головнина, Менделеева, Тятя, Иван Грозный, Баранский, Чирип, Богдан Хмельницкий, Эбеко, Чукурачки и Алаид как наиболее опасных для населения Курильских островов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов А.И., Злобин Т.К., Мархинин Е.К. и др. Извержение вулкана Иван Грозный в 1989 г. // Вулканология и сейсмология. 1990. № 4. С. 3-9.
2. Абдурахманов А.И., Булгаков Р.Ф., Гурьянов В.Б. Результаты анализа тепловой аномалии продуктов извержения вулкана Безымянный 6–8 октября 1995 г. по данным спектрозональной информации ИСЗ NOAA // Вулканология и сейсмология. 2001. № 5. С. 68-72.
3. Гирина О.А., Малик Н.А., Котенко Л.В. Активность вулкана Чукурачки (о. Парамушир, Северные Курилы) в 2002–2007 гг. по данным KVERT // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 1, вып. 11. С. 67-73.
4. Гирина О.А., Ушаков С.В., Малик Н.А. и др. Действующие вулканы Камчатки и острова Парамушир Северных Курил в 2007 году // Вулканология и сейсмология. 2008. № 6. С. 1-18.
5. Гордеев Е.И. Сейсмичность вулканов и контроль вулканической активности // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 2. С. 38-45.
6. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 287 с.
7. Левин Б.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г. и др. Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева-2009» (Курильские острова) // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 6. С. 98-104.
8. Левин Б.В., Фитцхью Б., Бурджуа Д. и др. Комплексная экспедиция на Курильские острова в 2006 г. (I этап) // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 1. С. 144-148.
9. Левин Б.В., Фитцхью Б., Бурджуа Д. и др. Комплексная экспедиция на Курильские острова в 2008 г. (III этап) // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 2. С. 134-142.
10. Левин Б.В., Фитцхью Б., Бурджуа Д. и др. Комплексная экспедиция на Средние Курильские острова в 2007 г. (II этап) // Вестн. ДВО РАН. 2008. № 3. С. 111-121.
11. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д. Катастрофические эксплозивные извержения вулканов Курило-Камчатской области в конце плейстоцена–начале голоцена // ДАН СССР. 1988. Т. 300, № 1. С. 175-181.
12. Мияката К. Об извержении вулкана на острове Харумукотан (Центральные Курильские острова) 8 января 1933 г. // Бюл. вулканол. о-ва Японии. 1934. Т. 3, № 1. Яп. яз.
13. Разжигаева Н.Г., Арсланов Х.А., Ганзей Л.А. и др. Новые данные о возрасте голоценовой тefры и влияние пеплопадов на становление ландшафтов Средних и Северных Курил // Материалы IV Всерос. симпоз. по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика», 22–27 сент. 2009 г., Петропавловск-Камчатский. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. Т. 2. С. 480-485.
14. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А. и др. Торфяник о. Кетой – опорный разрез среднего-позднего голоцена Центральных Курил // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 6. С. 65-80.
15. Сениуков С.Л. Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений // Материалы конф. «Комплексные сейсмологические и геофизические наблюдения на Камчатке». Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2004. С. 279-291.
16. Тихонов И.Н., Василенко Н.Ф., Золотухин Д.Е. и др. // Тихоокеан. геология. 2008. Т. 27, № 1. С. 3-17.
17. Федотов С.А. Закономерности распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских островов и северо-восточной Японии // Тр. Ин-та физики Земли АН СССР. 1965. Т. 203, № 36. С. 66-93.
18. Levin B.W., Rybin A.V., Chibisova M.V. et al. Sarychev Peak (Russia) widespread plumes from large 11–16 June 2009 eruption // Smithsonian Nat. Mus. Nat. Hist. Bul. of the Global Volcanism Network. 2009. Vol. 34, N 6. P. 2-7.
19. Rybin A.V., Karagusov Yu.V., Izbekov P.E. et al. Monitoring of active volcanoes of the Kurile Islands: Present and future // The 2nd Int conf. on volcanic ash and aviation safety. June 21–24, 2004, Washington, USA. Alexandria, Virginia, USA, 2004. P. 46-47.
20. Salinas L.J. United Airlines Flight Dispatch, Congressional Hazards Caucus. 2010. – <http://www.agiweb.org>
21. Steblov G.M., Kogan M.G., Levin B.W. et al. Spatially linked asperities of the 2006–2007 great Kuril earthquakes revealed by GPS // Geophys. Res. Lett. 2008. Vol. 35. L22306, doi:10.1029/2008GL035572.