



УДК 550.34:551.21

В. Н. Чебров<sup>1</sup>, Д. В. Дрознин<sup>1</sup>, С. Я. Дрознина<sup>1</sup>, Ю. А. Кугаенко<sup>1</sup>,  
Д. В. Мельников<sup>2</sup>, Я. Д. Муравьев<sup>2</sup>, И. Н. Нуждина<sup>1</sup>,  
С. Л. Сенюков<sup>1</sup>, В. А. Сергеев<sup>1</sup>, С. С. Сероветников<sup>1</sup>,  
Н. Н. Титков<sup>1</sup>, П. П. Фирстов<sup>1</sup>, В. В. Ящук<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский  
e-mail: chebr@emsd.ru

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

## Разработка научного, информационного и методического обеспечения системы комплексного мониторинга вулканов Дальневосточного региона

В рамках создания системы комплексного мониторинга вулканов Дальневосточного региона разработаны предложения на развитие её научного, информационного и методического обеспечения. Рассмотрены и обобщены возможности различных видов инструментального мониторинга в целях оценки состояния вулкана, развития вулканической активности, идентификации извержений.

В Дальневосточном регионе начаты работы по созданию системы комплексного инструментального мониторинга вулканической деятельности (СКМВ) в целях обеспечения безопасности населения и полётов авиации и оперативного оповещения официальных структур (территориальной администрации, МЧС, Росавиации, Росгидромета) об извержениях вулканов. Первоочередными объектами мониторинга являются наиболее активные и опасные вулканы Камчатки (Северная и Авачинская группы вулканов), на Курилах — вулканы островов Кунашир и Парамушир. Для осуществления мониторинга на вулканах создаются специализированные пункты, обеспечивающие комплекс наблюдений (сейсмические с расширенным частотным и динамическим диапазоном регистрации, деформационные, газовые, акустические, электромагнитные и видео) и оперативную передачу данных в информационно-обрабатывающие центры.

В рамках создания СКМВ Дальневосточного региона разработаны предложения на развитие её научного, информационного и методического обеспечения.

Для решения поставленных задач рассмотрены и обобщены возможности различных видов инструментального мониторинга в целях (1) оценки состояния вулкана, (2) развития вулканической активности и (3) идентификации извержений (табл. 26). Показано, что сейсмические методы применимы для всех трёх целей мониторинга. Деформационный мониторинг информативен на этапах оценки состояния вулкана и прогноза его возможной динамики. Методы акустического и электромагнитного мониторинга эффективны для идентификации (рас-

познавания) 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.

На основе имеющегося опыта мониторинга вулканической активности сформулированы основные принципы разработки методов автоматической и автоматизированной идентификации пепловых выбросов и вероятностной оценки их мощности и высоты по данным наземных инструментальных наблюдений и по спутниковым данным [12].

Предложена стратегия разработки типовых сценариев извержений с учётом имеющегося опыта дистанционного инструментального мониторинга на примере Северной группы вулканов на Камчатке. Сценарий — система предположений о течении изучаемого процесса, на основе которой разрабатывается один из возможных вариантов прогноза. Построение сценария — аналитический метод прогнозирования [7], основанный на установлении логической последовательности состояний объекта прогнозирования (вулкана) и прогнозного фона во времени при различных условиях для определения

**Таблица.** Использование различных методик и алгоритмов для оценки вулканической активности действующих и потенциально активных вулканов на разных этапах их деятельности

Методики, алгоритмы	Оценка состояния вулкана	Прогноз развития вулканической активности	Идентификация (распознавание) извержений
Анализ эруптивной истории вулкана	☑		
Анализ пространственно-временного распределения землетрясений	☑	☑	☑
Анализ пространственно-временного распределения выделившейся сейсмической энергии	☑	☑	☑
Распознавание типов землетрясений по спектральным и др. характеристикам сейсмических сигналов [4]	☑	☑	☑
Распознавание различных природных явлений на вулканах по спектральным и др. характеристикам сейсмических сигналов [3]	☑	☑	☑
Пороговая оценка сейсмической активности по превышению фонового уровня по [10]		☑	
Оценка уровня сейсмической активности по шкале СОУС-09[9]	☑	☑	
Мониторинг диоксида серы SO <sub>2</sub>	☑	☑	☑
Деформационный мониторинг Акустический метод [14]	☑	☑	☑
Электромагнитный метод (ЭМИ от «вулканических молний») [13]			☑
Спутниковый мониторинг	☑	☑	☑
Видеомониторинг	☑	☑	☑
Метод типового сценария [11]	☑	☑	☑
Оценка состояния и активности вулкана на основе использования ИКС	☑	☑	☑

целей развития этого объекта. Информационной основой для разработки типовых сценариев являются результаты изучения эруптивной деятельности вулканов (публикации, базы данных), каталоги действующих вулканов Камчатки и Северных Курил, каталоги и архив волновых форм вулканических землетрясений, архивы данных деформационного и акустического мониторинга; спутниковые снимки; результаты исследований атмосферно-электрических явлений в пепловых облаках (данные мировой сети регистрации гроз WWLLN), архив эталонных сейсмических сигналов, сопровождающих различные процессы на вулканах, архивы видео, фото, визуальных наблюдений. Метод типового сценария применим для всех трёх целей мониторинга вулкана. Типовой сценарий извержения вулкана включает:

1. Реконструкцию истории эруптивной активности вулкана за последние 5–10 тыс. лет, детальное описание известных извержений. Выявление стадии развития, в которой находится вулкан и будет

находиться в ближайшем будущем. Определение типа и параметров будущих извержений.

2. Определение набора опасных естественных процессов, приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций при потенциальном извержении. Составление карты вулканической опасности от будущих извержений.

3. Выявление характерных предвестников извержений и количественные оценки их характеристик по данным инструментального мониторинга.

4. Оценки характерных количественных параметров извержений по данным инструментального мониторинга.

Предложена предварительная структура информационно-консультационной системы (ИКС) «Извержения вулканов Камчатки и Курильских островов». Источниками информации для ИКС являются имеющиеся в КФ ГС РАН, ИВиС и ИМГиГ ДВО РАН электронные ресурсы [1, 2]: каталоги и базы данных по активным вулканам, каталоги вулканических землетрясений, различные архивы, локаль-

ные ГИС, информация о существующих и планируемых пунктах инструментального мониторинга на вулканах, включая технические характеристики аппаратуры, публикации. ИКС должна содержать типовые сценарии извержений, детальные описания известных извержений, результаты инструментального мониторинга вулканической активности и пр. Потенциальная информационная база для создания ИКС «Извержения вулканов Камчатки и Курильских островов»:

- каталоги действующих вулканов Камчатки и Курильских островов (ИВиС ДВО РАН, ИМГиГ ДВО РАН);
- каталоги землетрясений, зарегистрированных на вулканах (КФ ГС РАН);
- база данных «Землетрясения Северной группы вулканов Камчатки 1971–1996 гг.» (ИВиС ДВО РАН)<sup>1</sup>
- база данных эталонов сейсмических сигналов и сопутствующих им вулканических событий (КФ ГС РАН) [3];
- база данных «Активность вулканов Камчатки»<sup>2</sup> (КФ ГС РАН);
- каталог «Активные вулканы Камчатки и Северных Курил»<sup>3</sup> (ИВиС ДВО РАН);
- каталог «Голоценовые вулканы Камчатки»<sup>4</sup> (ИВиС ДВО РАН);
- локальная ГИС «Новейший вулканизм Камчатки» (ИВиС ДВО РАН) [6];
- локальная ГИС (ИВиС ДВО РАН) «Вулканическая опасность Курило-Камчатской островной дуги» [5];
- информационная система «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» (ИВиС ДВО РАН) [8];
- архивы Камчатской группы реагирования на вулканические извержения (Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team – KVERT) (ИВиС ДВО РАН);
- архивы Сахалинской группы реагирования на вулканические извержения (Sakhalin Volcanic Eruption Response Team – SVERT) (ИМГиГ ДВО РАН);
- архив фотографий фотолаборатории ИВиС ДВО РАН;
- архивы видеонаблюдений (КФ ГС РАН, ИВиС ДВО РАН);
- архивы спутниковых снимков (КФ ГС РАН, ИВиС ДВО РАН, ИМГиГ ДВО РАН).

Целью создания ИСК «Извержения вулканов Камчатки и Курильских островов» является возможность получения вероятностной оценки развития деятельности вулкана на основе данных комплексного инструментального мониторинга.

Работы ведутся Геофизической службой РАН в сотрудничестве с Институтом вулканологии и сей-

смологии ДВО РАН и Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН в рамках федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 г.».

#### Список литературы

1. Гордеев Е. И., Чебров В. Н., Левина В. И., Бахтиярова Г. М., Сенюков С. Л., Пантюхин Е. А. Банк сейсмологических данных Камчатки // Открытое образование. М. 2008. № 4. С. 16–22
2. Гордеев Е. И., Чебров В. Н., Сенюков С. Л., Гирина О. А., Бахтиярова Г. М., Казанцев В. А. Информационные ресурсы для вулканологических исследований на Камчатке // Открытое образование. М. 2010. № 5. С. 73–82.
3. Кожевникова Т. Ю. Электронная база эталонов сейсмических сигналов и сопутствующих им вулканических событий для вулкана Карымский // Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России. Труды региональной научно-технической конференции 11–17 ноября 2007 г. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН. 2008. С. 171–175.
4. Кугаенко Ю. А., Нурждина И. Н., Салтыков В. А. Особенности спектральных компонент вулканических землетрясений на примере вулканов Кизимен, Корякский, Мутновский и Горелый // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. № 2. Вып. 18. С. 102–113.
5. Муравьев Я. Д., Клименко Е. С., Дмитриева Ю. А. К созданию ГИС «Вулканоопасность» // ARCREVIEW. 2010. № 2. С. 12–13.
6. Пономарёва В. В., Мельников Д. В., Романова И. М. Геоинформационная система «Новейший вулканизм Камчатки» // Современные информационные технологии для научных исследований. Материалы Всероссийской конференции, Магадан, 20–24 апреля 2008 г. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 2008. С. 105–106.
7. Прогностика. Терминология, вып. 92. М., «Наука», 1978. 32 с.
8. Романова И. М., Мелекесцев И. В., Гирина О. А. Информационная система «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Третьей научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 9–15 октября 2011 г. Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 395–398.
9. Салтыков В. А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2011. № 2. С. 53–59.
10. Сенюков С. Л. Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений в 2000–2004 г. // Вулканология и сейсмология. 2006. № 3. С. 68–78.
11. Сенюков С. Л. Результаты применения алгоритма прогноза извержений вулкана Безымянный в 2004–2007 гг. в режиме реального времени // Труды региональной научно-технической конференции «Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России», 11–17 ноября 2007 г., Петропавловск-Камчатский, 2008. С. 59–63.

<sup>1</sup><http://www.kscnet.ru/ivs/Seismo/index.php>;

<sup>2</sup><http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>

<sup>3</sup><http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/volcanoes/>

<sup>4</sup><http://www.kscnet.ru/ivs/volcanoes/holocene/>

12. Сеньюков С. Л., Дрознина С. Я., Дроздин Д. В. Опыт выделения пепловых выбросов и оценка их высоты по сейсмическим данным на примере вулкана Шивелуч (Камчатка) // Комплексные сейсмологические и геофизические наблюдения на Камчатке». Петропавловск-Камчатский: «Камчатский печатный двор», 2004. С. 292–300.
13. Чернева Н. В., Holzworth R. H., Иванов А. В. и др. Перспективы использования всемирной сети локализации гроз (WWLLN) для определения пепловых извержений вулканов на Камчатке // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Третьей научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 9–15 октября 2011 г. Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 415–419.
14. Фирстов П. П. Вулканические акустические сигналы диапазона 1,0 ÷ 10 Гц и их связь с взрывным процессом. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2003. 90 с.

---

## **Секция III**

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