Автоматизированная информационная система «Сигнал»: исследование и оперативный мониторинг опасных природных явлений в Дальневосточном регионе

А. А. Сорокин, С. П. Королев, С. И. Мальковский

Вычислительный центр ДВО РАН, Хабаровск, 680000, Россия
E-mail: alsor@febras.net

Анализ причин и последствий опасных природных явлений требует проведения междисциплинарных исследований, основанных на использовании результатов обработки большого числа разнородных данных. С целью решения перечисленных задач, а также вопросов, связанных с технологическим сопровождением работы сетей наблюдений на Дальнем Востоке России, была разработана автоматизированная информационная система «Сигнал». Она предоставляет широкие возможности для организации работы сетей наблюдений, сбора и хранения инструментальной информации. Предложенная архитектура позволяет, при необходимости, включать в состав системы дополнительные модули для обработки различных научных данных. В результате исследований были созданы наборы специализированных подсистем, применяемые учёными для изучения современной геодинамики Дальнего Востока России и мониторинга вулканической активности на Камчатке. При этом реализованная интеграция информационных систем и архивов данных, созданных в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Институте космических исследований РАН и Вычислительном центре ДВО РАН, позволила организовать на базе информационной системы VolSatView программную платформу для проведения комплексных исследований извержений вулканов, основанных на совместном анализе различной спутниковой информации и данных наземных наблюдений. В статье представлено описание полученных результатов и перспектив развития АИС «Сигнал». Приведены примеры работы отдельных её модулей, связанных с обработкой и анализом научных данных.

Ключевые слова: АИС «Сигнал», база данных, веб-сервис, модель, численные расчёты, изображение, данные дистанционного зондирования, вулканы, Камчатка

Одобрена к печати: 21.05.2019
DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-238-248

Введение

В период с 2008 по 2016 г. в Дальневосточном отделении РАН в рамках целевых программ «Современная геодинамика, активные геоструктуры и природные опасности Дальнего Востока России» и «Информационно-телекоммуникационные ресурсы ДВО РАН» была выполнена комплексная работа по формированию новой инструментальной инфраструктуры, предназначенной для изучения и мониторинга опасных природных явлений в Дальневосточном регионе. Анализ причин и последствий таких явлений требует проведения междисциплинарных исследований, основанных на использовании результатов обработки большого числа разнородных научных данных. С целью решения перечисленных задач, а также вопросов, связанных с технологическим сопровождением созданных сетей наблюдений, была разработана автоматизированная информационная система «Сигнал» (далее — АИС). Для обработки данных сейсмологических наблюдений и глобальных навигационных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС (Быков и др., 2009) в составе АИС были созданы отдельные модули, подробное описание которых представлено в работах (Сорокин и др., 2017; Korolev et al., 2015).

Новое направление работы АИС, связанное с мониторингом вулканической активности на Камчатке, потребовало развития базовых системных сервисов, необходимых для обеспечения требуемых режимов обработки научных данных, а также реализации информационного взаимодействия с внешними системами VOKKIA (Романова и др., 2012) и KVERT (Гирина,

Гордеев, 2007) — поставщиками различной метаинформации по объектам исследований. В результате были созданы алгоритмы и компьютерные средства для моделирования траекторий движения пепловых облаков, организации эффективной работы системы видеонаблюдения за вулканами и анализа полученных изображений. Интеграция специализированных информационных систем (ИС) и архивов данных, созданных в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВиС ДВО РАН), Институте космических исследований РАН (ИКИ РАН) и Вычислительном центре ДВО РАН (ВЦ ДВО РАН), позволила реализовать на базе ИС VolSatView (Gordeev et al., 2016) программную платформу для проведения комплексных исследований извержений вулканов, основанных на совместном анализе различной спутниковой информации и данных наземных наблюдений (Гирина и др., 2018а).

В статье представлено описание полученных результатов по рассматриваемому направлению и перспектив развития АИС «Сигнал». Приведены примеры работы отдельных модулей системы, связанных с обработкой научных данных.

Архитектура АИС «Сигнал»

АИС состоит из набора модулей (*рис. 1*), которые, исходя из их назначения, можно условно разделить на несколько групп:

- системные, предоставляющие базовые функциональные возможности: централизованное хранение информации по всем видам исследований, паспортизация пунктов и оборудования сетей наблюдения, реализация многопользовательского режима работы с контролем доступа, универсальный интерфейс пользователя и т. п.;
- тематические, обеспечивающие сбор и специализированную обработку научных данных, а также анализ полученных результатов;
- сервисные, расширяющие возможности системного и тематического программного обеспечения, в частности в использовании необходимых вспомогательных компьютерных решений, например, для работы с пространственной информацией (Geoserver, Leaflet), распределённого хранения данных (OpenStack Swift), мониторинга состояния измерительных средств (Zabbix) и т. п.

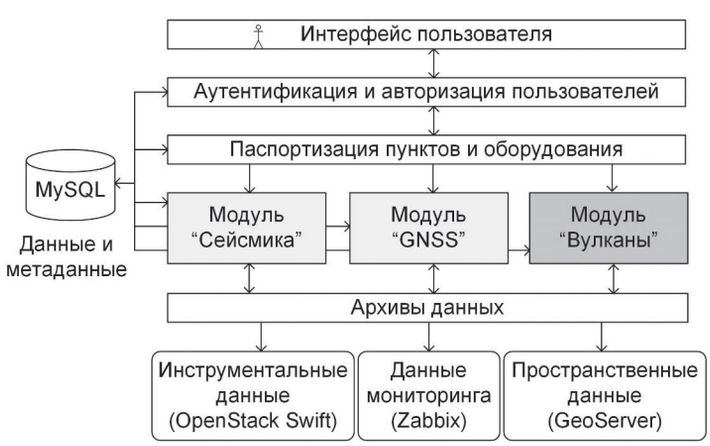


Рис. 1. Концептуальная модель описания архитектуры АИС «Сигнал»

Для решения задач, связанных с исследованием активности вулканов, был создан тематический модуль «Вулканы», в составе которого реализованы следующие программные средства и вспомогательные службы:

- подсистема моделирования траекторий пепловых облаков;
- подсистемы инвентаризации и управления сетью видеонаблюдения;
- веб-сервис для удалённого доступа к данным АИС.

Важнейшим инструментом, обеспечивающим работу перечисленных подсистем, является разработанный сервис для обмена и взаимного доступа к данным о вулканах, накопленным в различных специализированных компьютерных системах. Речь идёт об ИС VOKKIA и ИС KVERT, содержащих метаинформацию по вулканам Камчатки и Северных Курил и их извержениям. На основе реализованной репликации соответствующих таблиц баз данных на стороне АИС сформирован источник команд управления, обеспечивающий работу подсистем видеонаблюдения и компьютерного моделирования (*рис. 2*). Из ИС KVERT в АИС поступают оперативные данные, содержащиеся в сообщениях VONA (Gordeev, Girina, 2014): авиационные цветовые коды (АЦК) опасности вулканов для авиации, данные о пепловых облаках и шлейфах (дата, время, длительность события, высота н. у. м., номер VONA-сообщения). В случае изменения в ИС VOKKIA данных о вулкане (название, географические координаты, номер по каталогу GVP, абсолютная высота) происходит синхронное обновление и соответствующих справочников в АИС (*рис. 3*).

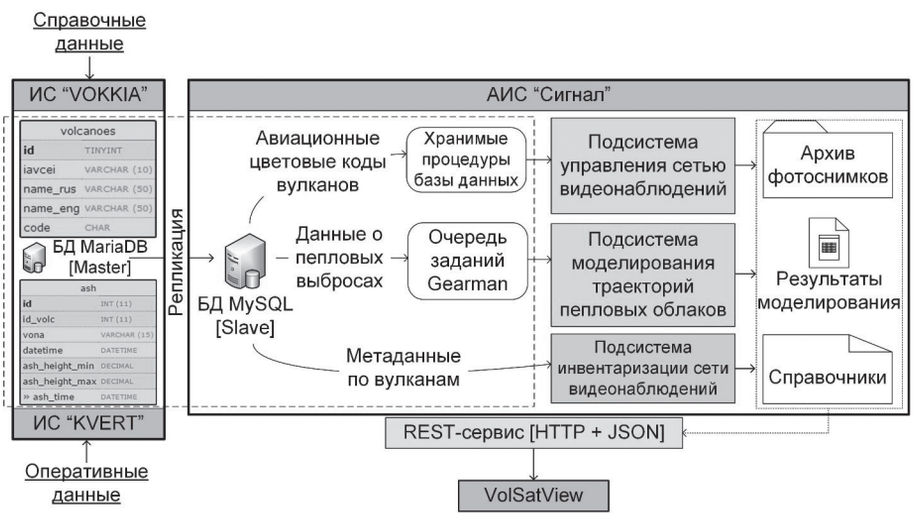


Рис. 2. Схема взаимодействия ИС VOKKIA, ИС KVERT и АИС «Сигнал»

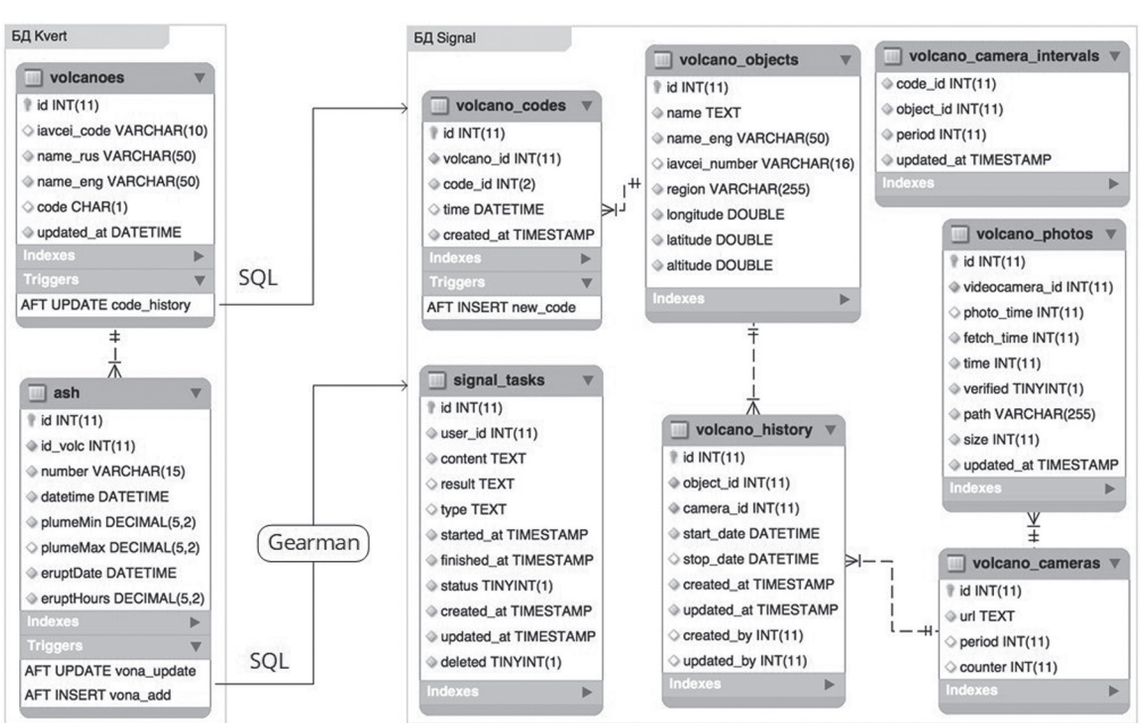


Рис. 3. Фрагмент схемы данных АИС «Сигнал», обеспечивающий работу модуля «Вулканы»

В результате работы подсистем модуля «Вулканы» формируются справочники и архивы, которые содержат как результаты обработки и анализа различных научных данных, так и наборы комбинированных метаданных, включающие информацию по исследуемым объектам и средствам наблюдения за ними. Созданный веб-сервис позволяет авторизованным внешним информационным системам получить доступ ко всем накопленным данным.

Рассмотрим работу основных подсистем модуля «Вулканы».

Подсистема моделирования траекторий пепловых облаков

Для выпущенных VONA-сообщений, содержащих данные о пепловых выбросах, выполняется автоматическое прогнозирование распространения пепловых облаков и шлейфов. Данный функционал реализован в виде соответствующей подсистемы (Сорокин и др., 2016) и работает по следующему принципу (*рис. 4*).

1. Данные из сообщения VONA передаются в АИС, где на их основе формируется расчётное задание на моделирование перемещения пеплового облака на ближайшие 24 ч. Задание представляет собой JSON-объект, который с помощью UDF-расширения для СУБД MySQL (https://launchpad.net/gearman-mysql-udf) передаётся на сервер очередей Gearman (http://gearman.org).
2. Расчётный блок основан на модифицированной авторами версии пакета Puff-UAF (Malkovsky et al., 2017), являющегося реализацией модели PUFF (Searcy et al., 1998). В качестве метеоданных используются коллекции прогнозной информации в формате NetCDF, сформированной по описанному алгоритму (Сорокин и др., 2016).

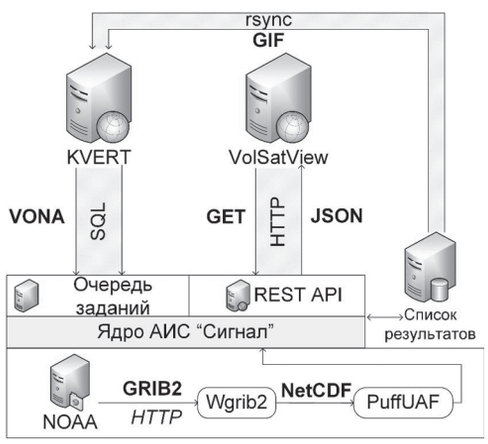
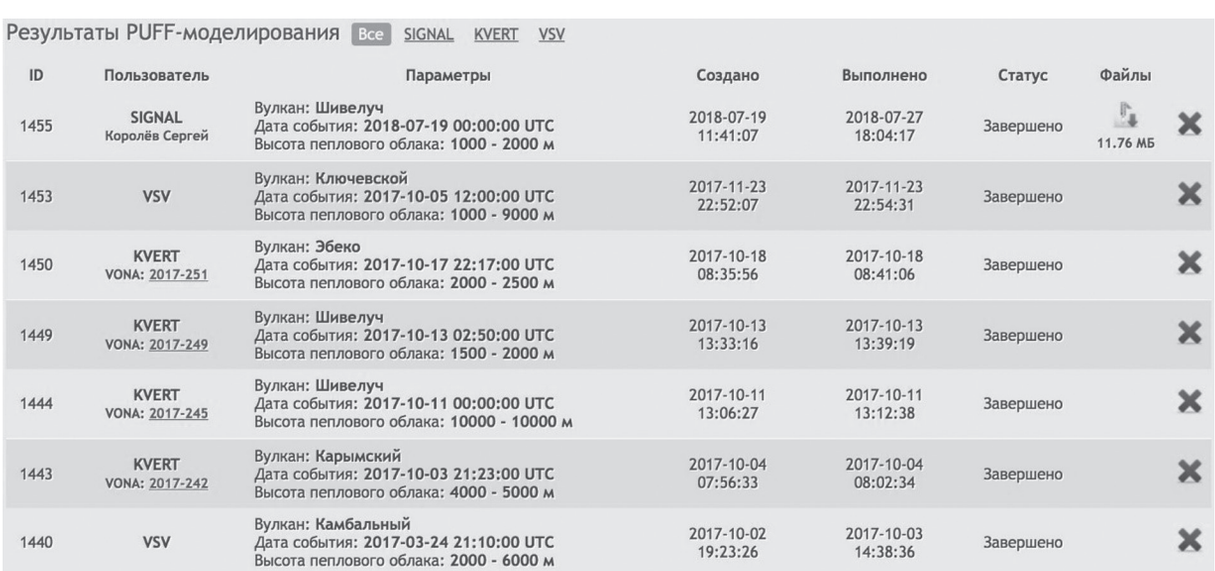


Рис. 4. Подсистема моделирования траекторий пепловых облаков: общий вид

3. Результаты расчётов в требуемых форматах, а также сопроводительная информация публикуются в сводных каталогах АИС (*рис. 5*), после чего передаются в ИС KVERT по протоколу rsync.



Результаты PUFF-моделирования Все SIGNAL KVERT VSV

ID	Пользователь	Параметры	Создано	Выполнено	Статус	Файлы	
1455	SIGNAL Королёв Сергей	Вулкан: Шивелуч Дата события: 2018-07-19 00:00:00 UTC Высота пеплового облака: 1000 - 2000 м	2018-07-19 11:41:07	2018-07-27 18:04:17	Завершено	11.76 МБ	✖
1453	VSV	Вулкан: Ключевской Дата события: 2017-10-05 12:00:00 UTC Высота пеплового облака: 1000 - 9000 м	2017-11-23 22:52:07	2017-11-23 22:54:31	Завершено		✖
1450	KVERT VONA: 2017-251	Вулкан: Эбеко Дата события: 2017-10-17 22:17:00 UTC Высота пеплового облака: 2000 - 2500 м	2017-10-18 08:35:56	2017-10-18 08:41:06	Завершено		✖
1449	KVERT VONA: 2017-249	Вулкан: Шивелуч Дата события: 2017-10-13 02:50:00 UTC Высота пеплового облака: 1500 - 2000 м	2017-10-13 13:33:16	2017-10-13 13:39:19	Завершено		✖
1444	KVERT VONA: 2017-245	Вулкан: Шивелуч Дата события: 2017-10-11 00:00:00 UTC Высота пеплового облака: 10000 - 10000 м	2017-10-11 13:06:27	2017-10-11 13:12:38	Завершено		✖
1443	KVERT VONA: 2017-242	Вулкан: Карымский Дата события: 2017-10-03 21:23:00 UTC Высота пеплового облака: 4000 - 5000 м	2017-10-04 07:56:33	2017-10-04 08:02:34	Завершено		✖
1440	VSV	Вулкан: Камбальный Дата события: 2017-03-24 21:10:00 UTC Высота пеплового облака: 2000 - 6000 м	2017-10-02 19:23:26	2017-10-03 14:38:36	Завершено		✖

Рис. 5. Пример экранной формы пользовательского интерфейса АИС «Сигнал» с отображением результатов моделирования распространения пепловых облаков и шлейфов от вулканов

Описанный выше алгоритм позволяет в автоматическом режиме оперативно получить экспресс-прогноз о возможном перемещении пепловых облаков, возникающих при эксплозивных извержениях вулканов. Для пересчёта уже полученных ранее результатов, а также исследования отдельных исторических событий (Гирина и др., 2019) создан отдельный пользовательский интерфейс, позволяющий проводить необходимые численные расчёты с детальным указанием всех параметров модели PUFF.

Подсистема управления сетью видеонаблюдения за вулканами Камчатки

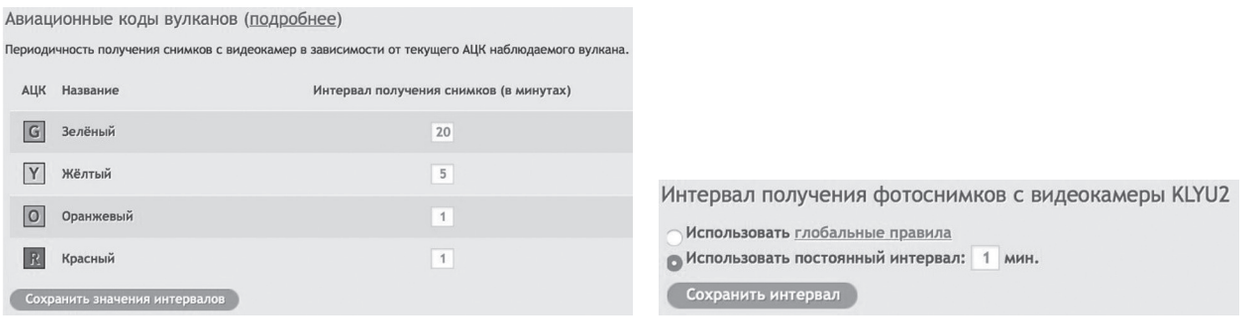
В 2009 г. сотрудниками ИВиС ДВО РАН и ВЦ ДВО РАН была начата работа по созданию сети видеонаблюдения за вулканами Камчатки (далее — Сеть). В настоящее время в п. Ключи и г. Петропавловск-Камчатский установлены 7 видеокамер, которые используются для визуальной оценки состояния вулканов Шивелуч, Ключевской, Авачинский и Горелый. Решение задач фильтрации и анализа поступающих в архив изображений потребовало создания соответствующих программных средств.

С использованием базовых возможностей АИС была проведена инвентаризация технологической и вспомогательной инфраструктуры сети. Для управления работой регистрирующей аппаратуры были созданы и описаны различные объекты учёта (пункты наблюдений, оборудование и т. п.), где часть необходимой информации была сформирована на основании справочных данных по вулканам (название, географические координаты, номер по каталогу GVP, абсолютная высота, актуальные АЦК), полученных в рамках реализованной репликации с базами данных ИС VOKKIA и ИС KVERT (см. *рис. 3*). Эти работы позволили консолидировать всю имеющуюся информацию по вулканам в «Каталог активных вулканов Камчатки и Северных Курил» и связать её с имеющимся средствами наблюдений за природными объектами (*рис. 6*). Для управления интервалом получения снимков с каждой видеокамеры предусмотрены два режима: 1) зависящий от текущего АЦК вулкана (для красного и оранжевого — 1 мин, для жёлтого — 5 мин, для зелёного — 20 мин (*рис. 7а*)); 2) постоянный, значение которого выставляется вручную и имеет приоритет по отношению к установленному для АЦК (*рис. 7б*).

Список вулканов

№	АЦК	Название	Название (англ.)	Высота (м.)	Номер IAVCEI	Видеокамеры
1.	O	Шивелуч	Sheveluch	3283	1000-27-	[SHV2] [SHV1] [SHV3]
2.	G	Ключевской	Klyuchevskoy	4750	1000-26-	[KLYU2] [KLYU]
3.	G	Ушковский	Ushkovsky	3943	1000-261	
4.	Y	Безымянный	Bezymianny	2882	1000-25-	[BEZ]
5.	G	Плоский Толбачик	Plosky Tolbachik	3085	1000-24-	[TOL]
6.	G	Ичинский	Ichinsky	3621	1000-28-	
7.	G	Кизимен	Kizimen	2485	1000-23-	[KIZ]
8.	G	Высокий	Vysoky	2161	1000-221	

Рис. 6. Пример экранной формы АИС со списком вулканов и установленных видеокамер



а *б*

Рис. 7. Пример экранной формы АИС для установки интервала получения снимков с видеокамеры: *а* — в зависимости от АЦК; *б* — отдельно для камеры

При обновлении АЦК вулкана в таблицу Signal.volcano_codes (см. *рис. 3*) добавляется соответствующая запись. Идентификатор вулкана и его текущий АЦК передаются триггером в хранимую процедуру, выполняющую следующую последовательность действий:

- поиск всех видеокамер, осуществляющих наблюдение за этим вулканом;
- определение интервала съёмки, соответствующего данному АЦК, по таблице volcano_camera_intervals для каждой найденной видеокамеры (см. *рис. 3*);
- установка интервала как текущего для видеокамеры.

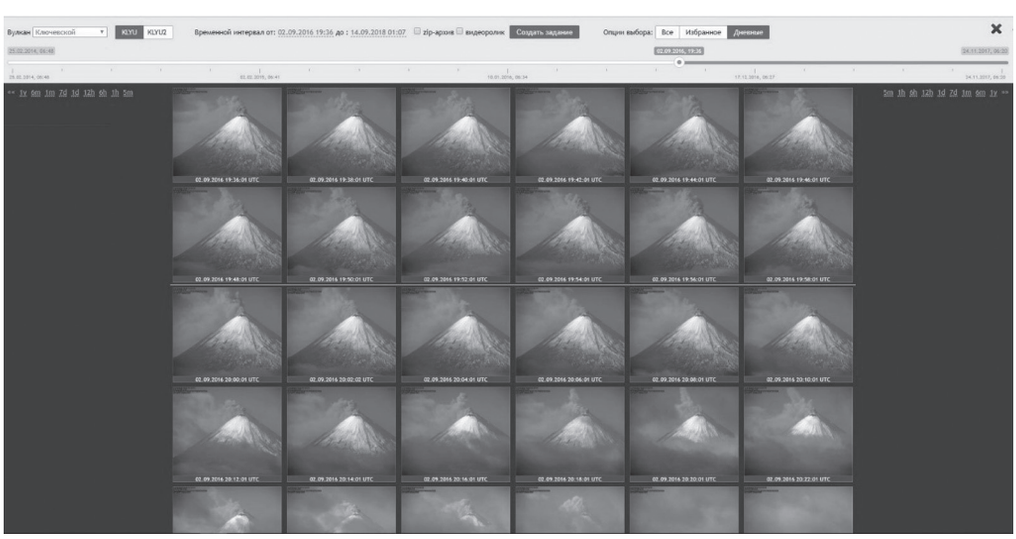


Рис. 8. Программный интерфейс галереи для работы с архивом фотоснимков

При получении каждого фотоснимка с видеокамеры для него формируется набор метаданных, содержащий следующие поля (таблица volcano_photos): идентификатор видеокамеры; дата и время снимка; путь к снимку в архиве; размер снимка. Сводная таблица метаданных используется при организации работы галереи фотоснимков (*рис. 8*). Её интерфейс позволяет формировать из архива наборы кадров, отвечающие требуемым параметрам (видеокамера, временной интервал и т. п.), а также создавать видеофайлы из серии изображений по вулкану за определённый период времени.

Веб-сервис для удалённого доступа к данным АИС

Для удалённой работы с накопленными архивами фотоснимков и разработанными подсистемами модуля «Вулканы» создан специализированный веб-сервис (см. *рис. 2*). Он предназначен в первую очередь для сторонних информационных систем, позволяя интегрировать в их

работу данные и результаты обработки, полученные средствами АИС. Интерфейс взаимодействия реализован в соответствии с концепцией REST (Richardson et al., 2013) и инициируется путём отправки запросов GET и POST по протоколу HTTP(S) на адрес http://host/<url>, где <url> — относительный адрес, обозначающий вид запрашиваемого набора данных. В *табл. 1* приведён сводный перечень относительных адресов, типов запросов и соответствующих им доступных наборов данных и подсистем.

Таблица 1. Набор данных, предоставляемых веб-сервисом

URL	Тип HTTP-запроса	Набор данных
/volcanoes	GET	Информация обо всех активных вулканах
/volcanoes/#id	GET	Информация о вулкане с идентификатором #id
/cameras	GET	Информация обо всех видеокамерах
/cameras/#id	GET	Информация по видеокамере с идентификатором #id
/photos	GET	Поиск фотоснимков вулканов
/tasks	GET	Каталог результатов моделирования
/tasks	POST	Постановка моделирования на расчёт
/tasks/#id	GET	Информация о задаче с идентификатором #id

При поиске фотоснимков также указываются параметры GET-запроса (*табл. 2*), поиск в архиве ведётся по заданным вулканам и видеокамерам для временного периода [time – 1,5 ч; time + 1,5 ч].

Таблица 2. Параметры запроса для поиска в архиве фотоснимков

Параметр	Назначение
volcano_id	Список идентификаторов вулканов, разделённых запятыми
camera_id	Список идентификаторов видеокамер, разделённых запятыми
time	Дата и время, для которых ведётся поиск; задаётся в формате YYYYMMDDHHIISS, где YYYY — четыре цифры года, MM — номер месяца с ведущим нулём, DD — день месяца с ведущим нулём, HH — часы с ведущим нулём, II — минуты с ведущим нулём, SS — секунды с ведущим нулём

При авторизованном доступе обращения к веб-сервису выдаётся результат, закодированный в формате JSON (Bassett, 2015). Он является текстовым, имеет простую (по сравнению, например, с XML) разметку, поддерживается большим числом языков программирования и программных библиотек. На *рис. 9* приведён пример запросов и соответствующих ответов при обращении к сервису.

Запрос: http://api.signal.febras.net/volcanoes/2
Ответ:


```
{
    "id": 2,
    "iavcei_number": "1000-26-",
    "name_rus": "Ключевской",
    "name_eng": "Klyuchevskoy",
    "code": "Y",
    "updated_at": "2018-02-09 01:45:12"
}
```


Запрос: http://api.signal.febras.net/cameras/28
Ответ:


```
{
    "id": 28,
    "name": "KLYU",
    "latitude": 56.3167,
    "longitude": 160.85,
    "volcanoes": [
        2
    ]
}
```


Рис. 9. Пример работы с веб-сервисом: получение информации по исследуемым объектам и средствам видеонаблюдения

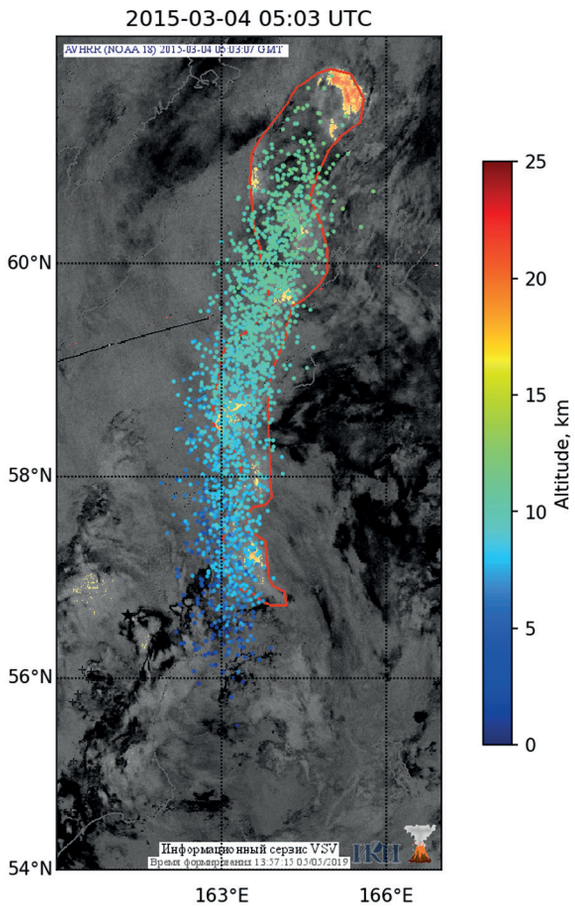


Рис. 10. Визуализация результатов моделирования распространения пеплового облака, возникшего при эксплозивном извержении вулкана Шивелуч 03.03.2015 в 22:50 UTC, совмещённая с результатами обработки данных прибора AVHRR спутника NOAA 18 от 04.03.2015 05:03:07 UTC (точками показано положение модельных частиц пепла на 05:03 UTC 04.03.2015)

Создание сервиса позволило не только обеспечить прозрачный доступ к наборам накопленных структурированных научных данных из интерфейсов ИС VolSatView, но и создать на их основе новые инструменты, построенные на базе совместного анализа спутниковых данных и результатов компьютерного моделирования (*рис. 10*).

Заключение

Разработанная АИС «Сигнал» предоставляет широкие возможности для решения задач, связанных с организацией работы сетей наблюдений, сбора и хранения инструментальной информации для исследования опасных природных явлений. Предложенная архитектура позволяет, при необходимости, включать в состав системы дополнительные модули для обработки различных научных данных. С использованием перечисленных возможностей были созданы наборы специализированных подсистем, применяемые учёными для изучения современной геодинамики Дальнего Востока России и мониторинга вулканической активности на Камчатке.

При разработке модуля «Вулканы» были реализованы алгоритмы и компьютерные средства для моделирования траекторий движения пепловых облаков и организации эффективной работы системы видеонаблюдения. В настоящее время ведутся работы по адаптации и внедрению в состав указанных систем алгоритмов анализа фотоснимков вулканов (Камаев и др., 2018; Urmanov et al., 2017), которые позволят фиксировать возникновение и развитие яркостных аномалий. Также в рамках развития подсистемы моделирования выполняется интеграция в её состав моделей, позволяющих определять концентрации взвешенного в атмосфере пепла и строить карты характеристик пепловых отложений, возникающих при пеплопадах. В целом эти результаты вместе с создаваемыми инструментами по обработке данных спутниковых наблюдений (Гирина и др., 2018б; Мельников и др., 2018) позволят повысить точность и оперативность обнаружения эксплозивных событий.

Работа проведена при частичной поддержке Комплексной программы фундаментальных научных исследований ДВО РАН (проекты № 18-5-091 и 18-5-024). Для обработки данных были использованы вычислительные технологии и системы, разработанные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-29-03196 и 18-29-03100). При проведении численных расчётов использовано оборудование Центра коллективного пользования «Центр данных ДВО РАН» (ВЦ ДВО РАН, Хабаровск) (Sorokin et al., 2017) и Федерального исследовательского центра «Информатика и управление РАН» (Москва).

Литература

1. *Быков В. Г.*, *Бормотов В. А.*, *Коковкин А. А.*, *Василенко Н. Ф.*, *Прытков А. С.*, *Герасименко М. Д.*, *Шестаков Н. В.*, *Коломиец А. Г.*, *Сорокин А. П.*, *Сорокина А. Т.*, *Серов М. А.*, *Селиверстов Н. И.*, *Магуськин М. А.*, *Левин В. Е.*, *Бахтиаров В. Ф.*, *Саньков В. А.*, *Лухнев А. В.*, *Мирошниченко А. И.*, *Ашурков С. В.*, *Бызов Л. М.*, *Дучков А. Д.*, *Тимофеев В. Ю.*, *Горнов П. Ю.*, *Адрюков Д. Г.* Начало формирования единой сети геодинамических наблюдений ДВО РАН // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 4. С. 83–93.
2. *Гирина О. А.*, *Гордеев Е. И.* Проект KVERT — снижение вулканической опасности для авиации при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки и Северных Курил // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 2. С. 100–109.
3. *Гирина О. А.*, *Лупян Е. А.*, *Сорокин А. А.*, *Мельников Д. В.*, *Романова И. М.*, *Кашницкий А. В.*, *Уваров И. А.*, *Мальковский С. И.*, *Королев С. П.*, *Маневич А. Г.*, *Крамарева Л. С.* (2018а) Комплексный мониторинг эксплозивных извержений вулканов Камчатки. М.: ИВиС ДВО РАН, 2018. 192 с.
4. *Гирина О. А.*, *Романова И. М.*, *Мельников Д. В.*, *Маневич А. Г.*, *Лупян Е. А.*, *Сорокин А. А.*, *Королев С. П.* (2018б) Возможности анализа данных о вулканах Камчатки с помощью информационных технологий // Вулканизм и связанные с ним процессы: материалы 21-й региональной науч. конф., посвящённой Дню вулканолога, 29–30 марта 2018. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2018. С. 32–35.
5. *Гирина О. А.*, *Мальковский С. И.*, *Сорокин А. А.*, *Лупян Е. А.* Ретроспективный анализ распространения эруптивной тучи во время катастрофического извержения вулкана Шивелуч в ноябре 1964 г. // Вулканизм и связанные с ним процессы: материалы 22-й Всерос. науч. конф., посвящённой Дню вулканолога, 28–29 марта 2019. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2019. С. 55–58.
6. *Камаев А. Н.*, *Урманов И. П.*, *Сорокин А. А.*, *Карманов Д. А.*, *Королёв С. П.* Анализ изображений для определения видимости вулканов // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42. № 1. С. 128–140.
7. *Мельников Д. В.*, *Маневич А. Г.*, *Гирина О. А.* Корреляция спутниковых и видео данных для оперативного мониторинга вулканической активности Камчатки // 16-я Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: тез. докл. Москва, 2018. С. 102.
8. *Романова И. М.*, *Гирина О. А.*, *Максимов А. П.*, *Мелекесцев И. В.* Создание комплексной информационной веб-системы «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» (VOKKIA) // Информатика и системы управления. 2012. Т. 33. № 3. С. 179–187.
9. *Сорокин А. А.*, *Королев С. П.*, *Гирина О. А.*, *Балашов И. В.*, *Ефремов В. Ю.*, *Романова И. М.*, *Мальковский С. И.* Интегрированная программная платформа для комплексного анализа распространения пепловых шлейфов при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 9–19.
10. *Сорокин А. А.*, *Королев С. П.*, *Шестаков Н. В.*, *Мальковский С. И.*, *Цой Г. И.*, *Пупатенко В. В.* Организация работы с данными глобальных навигационных спутниковых систем для комплексного исследования современных геодинамических процессов на юге Дальнего Востока России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 158–172.
11. *Bassett L.* Introduction to JavaScript Object Notation: A To-the-Point Guide to JSON. O'Reilly Media, 2015. 126 p.
12. *Gordeev E. I.*, *Girina O. A.* Volcanoes and their hazard to aviation // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. V. 84. No. 1. P. 1–8.
13. *Gordeev E. I.*, *Girina O. A.*, *Lupyan E. A.*, *Sorokin A. A.*, *Kramareva L. S.*, *Efremov V. Yu.*, *Kashnitskii A. V.*, *Uvarov I. A.*, *Burtsev M. A.*, *Romanova I. M.*, *Mel'nikov D. V.*, *Manevich A. G.*, *Korolev S. P.*, *Verkhoturov A. L.* The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands // J. Volcanology and Seismology. 2016. V. 10. No. 6. P. 382–394.
14. *Korolev S. P.*, *Sorokin A. A.*, *Verkhoturov A. L.*, *Konovalov A. V.*, *Shestakov N. V.* Automated information system for instrument-data processing of the regional seismic observation network of FEB RAS // Seismic Instruments. 2015. V. 51. No. 3. P. 209–218.
15. *Malkovsky S. I.*, *Sorokin A. A.*, *Korolev S. P.* Improving the system of numerical simulation of volcanic ash propagation using the PUFF model // Russian J. Earth Sciences. 2017. V. 17. No. 5. ES5003. P. 1–6.
16. *Richardson L.*, *Amundsen M.*, *Ruby S.* RESTful web APIs. O'Reilly Media, 2013. 408 p.
17. *Searcy C.*, *Dean K.*, *Stringer W.* PUFF: a high-resolution volcanic ash tracking model // J. Volcanology and Geothermal Research. 1998. V. 80. No. 1–2. P. 1–16.

18. *Sorokin A. A.*, *Makogonov S. I.*, *Korolev S. P.* The Information Infrastructure for Collective Scientific Work in the Far East of Russia // Scientific and Technical Information Processing. 2017. V. 4. P. 302–304.
19. *Urmanov I. P.*, *Kamaev A. N.*, *Sorokin A. A.* Computer methods of image processing of volcanoes // Advances in Computer Science Research. 2017. V. 72. P. 371–374.

The Signal automated information system: research and operational monitoring of dangerous natural phenomena in the Russian Far East

A. A. Sorokin, S. P. Korolev, S. I. Malkovsky

Computing Center FEB RAS, Khabarovsk 680000, Russia
E-mail: alsor@febras.net

The analysis of causes and consequences of dangerous natural phenomena requires interdisciplinary research based on processing results of big amount of heterogeneous data. To solve the problem and also to provide Russian Far Eastern observation networks support, the Signal automated information system was developed. It provides a wide range of possibilities for observation network management, archiving and storage of instrumental data. Its architecture allows including additional modules on demand for different science datasets processing. As a result, specific subsystems were created that are used in the study of modern geodynamics of Russian Far East and monitoring the activity of Kamchatka volcanoes. At the same time, the integration of information systems and data archives created at Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Space Research Institute RAS and Computing Center FEB RAS made it possible to create a program platform based on the VolSatView information system for volcano eruption interdisciplinary study, using the analysis of remote sensing data in combination with ground observation data. The paper describes the obtained results and Signal development prospects. Examples of Signal data analysis and processing submodules operation are given.

Keywords: AIS Signal, database, web-service, model, numerical calculations, image, remote sensing data, volcanoes, Kamchatka

Accepted: 21.05.2019
DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-238-248

References

1. Bykov V. G., Bormotov V. A., Kokovkin A. A., Vasilenko N. F., Prytkov A. S., Gerasimenko M. D., Shestakov N. V., Kolomiets A. G., Sorokin A. P., Sorokina A. T., Serov M. A., Seliverstov N. I., Magus'kin M. A., Levin V. E., Bakhtiarov V. F., San'kov V. A., Lukhnev A. V., Miroshnichenko A. I., Ashurkov S. V., Byzov L. M., Duchkov A. D., Timofeev V. Yu., Gornov P. Yu., Ardyukov D. G., Nachalo formirovaniya edinoi seti geodinamicheskikh nablyudenii DVO RAN (Forming a unified observation network for geodynamic monitoring in FEB RAS), *Vestnik DVO RAN*, 2009, No. 4, pp. 83–93.
2. Girina O. A., Gordeev E. I., Proekt KVERT — snizhenie vulkanicheskoi opasnosti dlya aviatsii pri eksplozivnykh izverzheniyakh vulkanov Kamchatki i Severnykh Kuril (KVERT project: reduction of volcanic hazards for aviation from explosive eruptions of Kamchatka and Northern Kuriles volcanoes), *Vestnik DVO RAN*, 2007, No. 2, pp. 100–109.
3. Girina O. A., Loupian E. A., Sorokin A. A., Melnikov D. V., Romanova I. M., Kashnitskii A. V., Uvarov I. A., Malkovsky S. I., Korolev S. P., Manevich A. G., Kramareva L. S. (2018a), *Kompleksnyi monitoring eksplozivnykh izverzhenii vulkanov Kamchatki* (Comprehensive monitoring of explosive volcanic eruptions of Kamchatka), Petropavlovsk-Kamchatsky: IVS DVO DAN, 2018, 192 p.
4. Girina O. A., Romanova I. M., Melnikov D. V., Manevich A. G., Loupian E. A., Sorokin A. A., Korolev S. P., Vozmozhnosti analiza dannykh o vulkanakh Kamchatki s pomoshch'yu informatsionnykh tekhnologii (Information technologies possibilities to analyza data on the volcanoes of Kamchatka), *Vulkanizm*

i svyazannye s nim protsessy (Volcanism and Related Processes), Proc. 21st Regional Scientific Conf., 29–30 Mar. 2018, Petropavlovsk-Kamchatsky: IVS FEB RAS, 2018, pp. 32–35.

5. Girina O. A., Malkovsky S. I., Sorokin A. A., Loupian E. A. (2018b), Retrospektivnyi analiz rasprostraneniya eruptivnoi tuchi vo vremya katastroficheskogo izverzeniya vulkana Sheveluch v noyabre 1964 g. (Retrospective analysis of the eruption cloud spread during catastrophic eruption of the volcano Sheveluch in November 1964), *Vulkanizm i svyazannye s nim protsessy* (Volcanism and Related Processes), Proc. 22nd All-Russia Scientific Conf., 28–29 Mar., 2019, Petropavlovsk-Kamchatsky: IViS DVO RAN, 2019, pp. 55–58.
6. Kamaev A. N., Urmanov I. P., Sorokin A. A., Karmanov D. A., Korolev S. P., Analiz izobrazhenii dlya opredeleniya vidimosti vulkanov (Images analysis for automatic volcano visibility estimation), *Computer optics*, 2018, Vol. 42, No. 1, pp. 128–140.
7. Melnikov D. V., Manevich A. G., Girina O. A., Korrelyatsiya sputnikovykh i video dannykh dlya operativnogo monitoringa vulkanicheskoi aktivnosti Kamchatki (Correlation of satellite and video data for the operational monitoring of the volcanic activity of Kamchatka), *16-ya Vserossiiskaya otkrytaya konferentsiya* "*Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*" (16th All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Book of Abstracts, Moscow, 2018, p. 102.
8. Romanova I. M., Girina O. A., Maksimov A. P., Melekestsev I. V., Sozdanie kompleksnoi informatsionnoi veb-sistemy "Vulkany Kurilo-Kamchatskoi ostrovnoi dugi" (VOKKIA) (Creation of complex information Web system Volcanoes of the Kurile-Kamchatka island arc (VOKKIA)), *Informatika i sistemy upravleniya*, 2012, Vol. 33, No. 3, pp. 179–187.
9. Sorokin A. A., Korolev S. P., Girina O. A., Balashov I. V., Efremov V. Yu., Romanova I. M., Malkovsky S. I., Integrirovannaya programmnaya platforma dlya kompleksnogo analiza rasprostraneniya peplovykh shleifov pri eksplozivnykh izverzheniyakh vulkanov Kamchatki (The integrated software platform for a comprehensive analysis of ash plume propagation from explosive eruptions of Kamchatka volcanoes), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 4, pp. 9–19.
10. Sorokin A. A., Korolev S. P., Shestakov N. V., Malkovsky S. I., Tsoy G. I., Pupatenko V. V., Organizatsiya raboty s dannymi global'nykh navigatsionnykh sputnikovykh sistem dlya kompleksnogo issledovaniya sovremennykh geodinamicheskikh protsessov na yuge Dal'nego Vostoka Rossii (Data management of global navigation satellite system for complex study of modern geodynamic processes in Far East of Russia), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, Vol. 14, No. 3, pp. 158–172.
11. Bassett L., *Introduction to JavaScript Object Notation: A To-the-Point Guide to JSON*, O`Reilly Media, 2015, 126 p.
12. Gordeev E. I., Girina O. A., Volcanoes and their hazard to aviation, *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2014, Vol. 84, No. 1, pp. 1–8.
13. Gordeev E. I., Girina O. A., Lupyan E. A., Sorokin A. A., Kramareva L. S., Efremov V. Yu., Kashnitskii A. V., Uvarov I. A., Burtsev M. A., Romanova I. M., Mel'nikov D. V., Manevich A. G., Korolev S. P., Verkhoturov A. L., The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands, *J. Volcanology Seismology*, 2016, Vol. 10, No. 6, pp. 382–394.
14. Korolev S. P., Sorokin A. A., Verkhoturov A. L., Konovalov A. V., Shestakov N. V., Automated information system for instrument-data processing of the regional seismic observation network of FEB RAS, *Seismic Instruments*, 2015, Vol. 51, No. 3, pp. 209–218.
15. Malkovsky S. I., Sorokin A. A., Korolev S. P., Improving the system of numerical simulation of volcanic ash propagation using the PUFF model, *Russian J. Earth Sciences*, 2017, Vol. 17, No. 5, ES5003, pp. 1–6.
16. Richardson L., Amundsen M., Ruby S., *RESTful web APIs*, O'Reilly Media, 2013, 408 p.
17. Searcy C., Dean K., Stringer W., PUFF: a high-resolution volcanic ash tracking model, *J. Volcanology and Geothermal Research*, 1998, Vol. 80, No. 1–2, pp. 1–16.
18. Sorokin A. A., Makogonov S. I., Korolev S. P., The Information Infrastructure for Collective Scientific Work in the Far East of Russia, *Scientific and Technical Information Processing*, 2017, Vol. 44, No. 4, pp. 302–304.
19. Urmanov I. P., Kamaev A. N., Sorokin A. A., Computer methods of image processing of volcanoes, *Advances in Computer Science Research*, 2017, Vol. 72, pp. 371–374.