

Географическая информационная система для оценки активности вулканов

А.Н. Платэ, А.В. Веселовский

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
РАН (ИГЕМ РАН)*

119017 Москва, Старомонетный пер., 35

E-mails: plate@igem.ru, vessel@igem.ru

Для накопления, систематизации, получения новых сведений об активных и «спящих» вулканах России, а также оценки последствий гипотетических извержений вулканов Большого Кавказа и Камчатки разработана географическая информационная система (ГИС). Технология ГИС позволила сформировать серию цифровых (векторных) карт, иллюстрирующих характер извержения и территории распространения разновозрастного и разнотипного вулканического материала, примерно определить площади и объемы излившихся лав.

Для накопления, систематизации, получения новых сведений об активных и «спящих» вулканах России, а также оценки последствий гипотетических извержений вулканов Большого Кавказа (Эльбрус, Казбек) и Камчатки (Северная группа и Шивелуч) разработана географическая информационная система (ГИС) «Вулканоопасность». С учетом результатов крупных извержений вулканов Камчатки по технологии ГИС созданы пространственные трехмерные модели рельефа территорий, вмещающих вулканы, а также цифровые (аксонометрические) модели Эльбрусского и Казбекского вулканических сооружений.

При построении базы данных и моделей использовались цифровые карты, фактографические базы данных, аэрокосмические снимки, материалы интерферометрической радарной съемки поверхности Земли SIR-C/X-SAR. Для построения ГИС и обработки материалов использовалось семейство программ Arc GIS 9.1, в том числе ArcGIS Spatial Analyst. Информационная среда ГИС "Вулканоопасность" обеспечивает хранение, редактирование, обновление и распространение в единой системе разнообразных данных (таблицы, карты, аэро- и космоснимки) о территориях вулканических поясов, об историческом развитии отдельных вулканов и их состоянии на определенный отрезок времени.

В системе широко используются цифровые картографические материалы – геолого-геоморфологические, тектонические, геофизические и другие карты вулканических сооружений и построек, уточненных по результатам комплексного дешифрирования результатов дистанционного зондирования Земли. Это позволяет производить автоматизированный анализ данных мониторинга с разделением карт на слои однородной информации и осуществлять синтез новых карт из имеющихся факторных слоев с целью прогнозирования возможного возобновления катастрофических извержений.

На основании анализа созданных цифровых карт (более 20) и фактографических данных, сгруппированных в девять баз данных, сделан ряд выводов, уточняющих закономерности пространственного распространения вулканов на территории Евразии и Африки, строение отдельных вулканов и вулканических сооружений (Эльбрусского, Ключевского и др.), предвестники вулканических извержений и признаки возобновления активности вулканов.

Произведенный анализ тектонического строения вулканических поясов и развитого в их пределах кайнозойского вулканизма позволил сделать вывод о том, что современная вулканическая деятельность является продолжением временных процессов, сопровождавшихся рифтообразованием. Области вулканизма характеризуются аномальными свойствами земной коры и верхней мантии. Вулканы в пределах поясов часто группируются с образованием крупных кольцевых и лукокольцевых структур.

Фактографический материал, сконцентрированный в базе данных «Признаки и критерии предвестников вулканических извержений», позволил подразделить предвестники на 3 типа: долгосрочные (более 1 года), среднесрочные (менее 1 года) и краткосрочные (от 1 месяца до нескольких часов) и перечислить методы их контроля (визуальные, наземные инструментальные и космические).

Сведения о вулканических поясах и вулканических группах, о строении и состоянии отдельных вулканов, о предвестниках вулканической активности в ГИС "Вулканоопасность" представлены в виде «слоев» цифровых карт разного масштаба.

Для вулканов Ключевской группы и вулкана Эльбрус составлены цифровые (векторные) карты (М 1:200000, М 1:100000 и М 1:50000), отражающие их геологическое строение и признаки активности. Они поддерживаются фактографическими данными, содержащимися в паспортах вулканов. Совмещение «слоев» позволяет оценить состояние вулкана на определенный момент и в случае опасности передать необходимые данные в соответствующие инстанции.

Использование массивов цифровой картографической информации и сформированных баз данных вулканов позволяет в процессе исследований применять методы аналогии построения картографических моделей вулканов, реальных и гипотетических вулканических ситуаций на обширных территориях Кавказа, Камчатки, Курильских островов и других районов развития вулканизма.

Система содержит информацию о строении "спящих" вулканов Большого Кавказа (Эльбрус и Казбек), а также вмещающих их вулканических центров. Анализ с помощью ГИС позволяет оценить тенденции развития вулканической деятельности с помощью разработанной серии цифровых моделей, отражающих пространственное распространение лавовых потоков. В базу данных ГИС введены сведения о значительных эксплозивных извержениях. Это, в частности, позволяет сделать вывод о том, что даже при небольшой активизации вулканической деятельности вулканов Эльбрус и Казбек возможны колоссальные катастрофические последствия в результате таяния перекрывающих их ледников.

Исходя из представления о том, что тип вулкана определяет характер и последствия будущего извержения, в ГИС с помощью цифрового моделирования определяются размеры возможных бедствий в случае новых извержений. Моделирование позволяет воссоздать картину строения вулкана, проанализировать характер предшествующей вулканической деятельности и состав продуктов извержения, определить площадное распространение и объемы выбрасываемого на поверхность материала. Технология ГИС позволила также сформировать серию цифровых (векторных) карт, иллюстрирующих характер извержения и территории распространения разновозрастного и разнотипного вулканического материала, примерно определить площади и объемы излившихся лав.

В решении проблемы выявления предвестников вулканических извержений большую роль играют аэрокосмические методы, обеспечивающие постоянность наблюдений и оперативную передачу информации о состоянии вулканов. Принципиально новые возможности получили методы дистанционного зондирования Земли с развитием лазерных локаторов, многозональных инфракрасных сканеров и радиолокационных съемок, позволивших не только расширить сферы применения этих методов, но и производить исследования в любое время суток и при любой погоде.

С целью использования в ГИС «Вулканоопасность» космических данных создана база данных космических снимков и показана возможность их обработки для выявления состояния вулкана.

Структура ГИС «Вулканоопасность» дает возможность дешифрирования и обработки аэрокосмических снимков и результатов дистанционного зондирования. В настоящее время имеются и эксплуатируются базы данных космических снимков по территории Большого Кавказа с вулканами Эльбрусской и Казбекской групп и по вулканам Камчатки [1], которые размещены на специально выделенном картографическом сервере и состоят каждая из двух таблиц. Одна из них содержит общую информацию о включенных снимках, которая отображена в семи полях. Вторая описывает местонахождения файла изображения – идентификатор записи и имя файла, местонахождения файла изображения на физическом диске.

Применение космических снимков позволяет оперативно получать сведения не только о состоянии снежно-ледового покрова, теплового поля, температуры источников и др., но и выявлять скрытые причины и механизмы развития вулканических процессов. Например, узлы повышенной эндогенной и тектонической проработки; линейные (глубинные часто скрытые) и кольцевые структуры. При использовании эффекта "просвечивания", фиксируемого на космических снимках, появляется возможность восстановления геологического строения фундамента вулканических сооружений и отдельных построек, что представляется важным для оценки состояния вулканов.

В результате развития геоинформационной системы "Вулканоопасность":

- разработаны цифровые карты вулканоопасных районов Российской Федерации;
- проведен анализ и построены цифровые карты вулканических поясов с действующими и спящими вулканами на территории РФ;
- сформировано программно-математическое и лингвистическое обеспечение для организации выносных терминалов;
- создана структура информационного обеспечения, которая имеет распределенный иерархический характер;
- между центральной координационной частью ГИС и выносными терминалами предусмотрено интерактивное взаимодействие на ресурсах центральной (московской) части системы.

Выносной терминал, осуществляющий контроль за состоянием вулканов (вулканы Камчатки, Эльбрус, Казбек), включает два блока. Один из них предназначен для сбора новых данных, уточняющих геологическое строение вулканов (пространственное размещение разновозрастных вулканических продуктов, их петрохимические особенности, возраст и др.), и для актуализации данных паспортов вулканов.

Второй блок выносного терминала осуществляет сбор сведений об изменении состояния вулканов. С этой целью для Эльбруса создана геологическая карта на топографической (цифровой векторной) основе М 1:50000. «Слои» данной карты позволяют отражать не только площадное распространение разновозрастных лав и их состав, но и изменение признаков вулканической активности.

Осуществление передачи данных в ГИС «Вулканоопасность» на межрегиональном уровне происходит через сеть Интернет, а в рамках московской части системы – специального интерфейса в локальной вычислительной сети.

Сервер системы управляет информационными ресурсами и режимами работы системы. Здесь же накапливаются и передаются на рабочие места удаленных терминалов цифровые карты различных регионов территории РФ в масштабах 1:1000 000, 1:200 000 и крупнее, фактографическая информация.

Соблюдение принципа технологической открытости системы позволяет подключать новые базы данных, в том числе и в удаленном режиме, оперативно актуализировать базы данных, наращивать производительность программно-аппаратного комплекса системы.

Использование ГИС «Вулканоопасность» и современных информационных технологий для обработки данных о вулканах и признаках - предвестниках извержений [2], а также для моделирования последствий вулканических процессов позволит осуществлять контроль активности вулканов, расположенных на территории России.

Литература

1. Богати́ков О.А., Хренов А.П., Платэ А.Н. Итоги и перспективы аэрокосмического мониторинга вулканов Камчатки // Катастрофические процессы и их влияние на окружающую среду. М.: РАН. 2002. Т.1. С.225-238.
2. Богати́ков О.А., Веселовский А.В., Маханова Т.М., Мецержакова В.Б. Предвестники вулканических извержений и методы их контроля // Доклады академии наук, 2002. Т. 384. № 5. С.1–5.