

*Алейников Александр Анатольевич,  
Бобков Александр Евгеньевич,  
Дрознин Валерий Аркадьевич,  
Ерёмченко Евгений Николаевич,  
Леонов Андрей Владимирович,  
Шпиленок Тихон Игоревич*

## ИНТЕРАКТИВНОЕ 3D-ПРИЛОЖЕНИЕ «ВИРТУАЛЬНАЯ ДОЛИНА ГЕЙЗЕРОВ»

### Аннотация

В статье описана разработка интерактивного 3D-приложения «Виртуальная Долина гейзеров» с возможностью стерео-отображения. Рассмотрено создание цифровой модели территории, информационное наполнение, средства отображения в сети Интернет и системах «виртуальной реальности», и интерактивные 3D-демонстрации в рамках приложения. Показано, что современное программное обеспечение с открытым кодом позволяет вести распределённую разработку доступных приложений «виртуальной реальности» для науки и образования.

**Ключевые слова:** 3D-документ, стереоскопическая визуализация, виртуальная реальность, виртуальный туризм, экологическое просвещение, совмещение образования и развлечения, неогеография.

### ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Долина гейзеров, расположенная в Кроноцком заповеднике на Камчатке, – одна из самых известных природных достопримечательностей России [1]. Это единственное в Евразии крупное скопление гейзеров – периодически фонтанирующих кипящих источников естественного происхождения. Долина гейзеров была открыта в 1941 году и с тех пор вызывает постоянный интерес учёных и туристов.

Долина гейзеров расположена в труднодоступном месте рядом с восточным побережьем Камчатского полуострова, на расстоянии более 100 км от ближайшего населённого пункта. Добраться сюда пешком непросто, основным транспортным средством является вертолёт. Каждый год Долину гейзеров посещает всего около 3000 человек.

Сочетание популярности и труднодоступности этого природного объекта делает актуальным создание его виртуальной модели и развитие «виртуального туризма». Реалистичная интерактивная стерео-3D-модель территории, насыщенная информацией о гейзерах и других достопримечательностях, позволяет виртуально «побывать» в Долине гейзеров всем тем, у кого нет возможности принять участие в реальной экскурсии.

Виртуальная модель территории, при условии её высокого пространственного разрешения и точной географической привязки, интересна также и учёным. На её основе можно представить в едином «виртуальном пространстве» результаты различных научных исследований, лучше понять взаимосвязи между ними, наглядно показать динамику развития во времени отдельных объектов и территории в целом.

В 2009 году по инициативе к. ф.-м. н. А.В. Леонова был начат проект «Виртуальная Долина гейзеров» ([valleyofgeysers.com](http://valleyofgeysers.com)),

---

© Алейников А.А., Бобков А.Е.,  
Дрознин В.А., Ерёмченко Е.Н.,  
Леонов А.В., Шпиленок Т.И., 2011

целью которого является создание виртуальной модели Долины гейзеров для задач экологического просвещения и научной визуализации [2–4]. Проект был поддержан Кроноцким заповедником, ИВиС ДВО РАН, КФ ГС РАН, ИТЦ «СканЭкс», АНО ИФТИ и РФФИ (гранты 09-07-02100-э\_к, 09-07-06042-г, 10-07-00407-а), GeoEye Foundation, ИИЕТ РАН, а также другими организациями и частными лицами.

Идеологически проект развивает подходы к стереоскопической визуализации и приложениям «виртуальной реальности», которые с начала 1990-х годов внедрялись Институтом физико-технической информатики (АНО ИФТИ, г. Протвино) и кафедрой системной интеграции и менеджмента МФТИ (СИМ МФТИ) под руководством д. ф.-м. н., проф. С.В. Клименко [5–7].

#### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПРОЕКТА

Технологические задачи, которые приходится решать в ходе проекта, являются типовыми для разработки любой виртуальной 3D-модели природной территории. Это создание цифровой модели территории и точная географическая привязка (геопривязка) этой модели, развитие информационного наполнения, разработка средств отображения модели в сети Интернет и в системах «виртуального окружения», разработка интерактивных 3D-демонстраций на базе модели. Поэтому обсуждение способов выполнения проекта и полученных результатов представляет, в том числе, учебно-методический интерес.

#### ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ТЕРРИТОРИИ

В основе приложения «Виртуальная Долина гейзеров» лежит цифровая модель территории высокого разрешения, точно привязанная к географическим координатам. Создание такой модели включает несколько этапов: создание цифровой модели рельефа (ЦМР), создание текстуры и их привязка к географическим координатам. Модель территории высокого разрешения может ис-

пользоваться самостоятельно либо в составе виртуального глобуса.

#### ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ РЕЛЬЕФА

Цифровая модель рельефа (ЦМР), она же карта высот, или, в англоязычной терминологии, Digital Elevation Model (DEM), – это матрица значений высоты над уровнем моря в узлах регулярной сетки. Чем выше пространственное разрешение сетки (то есть меньше размер ячейки) – тем точнее модель рельефа.

Для создания ЦМР могут использоваться разные методы – лидарная съёмка (лазерное зондирование) или радарная съёмка (зондирование радиоволнами) с космического или воздушного летательного аппарата, фотограмметрическая обработка спутниковых снимков или аэрофотоснимков в оптическом диапазоне, наземное лазерное сканирование и др.

Существуют общедоступные ЦМР. Например, данные SRTM с разрешением 90 м покрывают 80 % территории Земли. Более новые данные ASTER GDEM с разрешением 30 м покрывают 99 % территории Земли. Однако для создания реалистичной модели территории, особенно со сложным пересечённым рельефом, такого разрешения недостаточно.

В виртуальной модели Долины гейзеров используется ЦМР с разрешением 2,5 м, созданная специалистами инженерно-технологического центра «СканЭкс» по стереопаре спутниковых снимков CartoSat 2007 года. Эта спутниковая съёмка покрывает 70 % территории России и может использоваться для создания ЦМР высокого разрешения разных районов.

#### ТЕКСТУРА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Помимо ЦМР, которая представляет форму рельефа, для создания модели территории нужна также текстура, представляющая внешний вид территории. В качестве текстуры могут использоваться реальные спутниковые снимки или аэрофотоснимки данной территории, либо произвольные текстуры поверхности земли.

Существуют общедоступные спутниковые покрытия. Например, данные Landsat 7 с разрешением 15 м составляют основу покрытия в сервисах Google Earth/Maps, Bing, Yahoo. Данные MODIS Terra с разрешением до 250 м обновляются каждые 1–2 дня. Однако для создания реалистичной модели территории разрешения даже 15 м недостаточно.

В виртуальной модели Долины гейзеров в качестве текстуры поверхности земли используется цветной спутниковый снимок GeoEye-1 2009 года с разрешением 50 см, закупленный при поддержке ИТЦ «СканЭкс». Этот снимок обеспечивает фотореалистичную текстуру поверхности земли на площади около 300 кв. км.

#### ПРИВЯЗКА К ГЕОГРАФИЧЕСКИМ КООРДИНАТАМ

Спутниковые снимки, поступающие с космического аппарата, имеют привязку к мировой системе координат, но точность этой привязки не достаточна для научной визуализации. В частности, для снимка GeoEye-1, использованного в проекте, штатная точность привязки составляла 10–30 м, при разрешении самого снимка 0,5 м. Чтобы создать модель территории, пригодную для научной визуализации, требуется выполнить более точную привязку снимков – желательно с точностью порядка разрешения самих снимков.

Привязка аэро- и космоснимков относится к стандартным геодезическим задачам и включает следующие этапы: создание реперных пунктов (или выбор характерных точек) на местности, которые хорошо дешифруются на снимке, определение их координат с высокой точностью и трансформация снимка по набору опорных точек.

Полевые работы по привязке спутникового снимка GeoEye-1 были выполнены в 2009 году. Использование профессионального двухчастотного GPS-приёмника и дифференциальной коррекции по данным опорной сети КФ ГС РАН позволили определить координаты 12-ти опорных точек на местности с точностью порядка 10 см. Таким образом, спутниковый снимок высокого разрешения был точно привязан к мировой системе координат.

В результате для района Долины гейзеров и прилегающей местности площадью около 300 кв. км. была создана цифровая модель территории высокого разрешения (ЦМР – 2,5 м, текстура – 0,5 м), точно привязанная к мировой системе координат WGS84. Разрешение, точность привязки и фотореалистичность этой модели позволяют использовать её как для экологического просвещения, так и для научной визуализации.

#### ИНФОРМАЦИОННОЕ НАПОЛНЕНИЕ МОДЕЛИ

На цифровой модели территории могут быть размещены векторные элементы, символизирующие различные объекты на местности. Это могут быть как примитивы (точки, линии, полигоны), так и развитые 3D-модели объектов. Каждый элемент может быть связан с набором данных в информационном хранилище. Через контекстное меню такого элемента можно выйти на связанную с ним информацию.

Для виртуальной модели Долины гейзеров информационное хранилище реализовано в виде базы данных MySQL, доступной через Интернет на веб-сайте проекта. В базе данных хранятся текстовые описания и фотографии объектов. Часть информации (например, объёмные стерео-видеофайлы) для ускорения загрузки может храниться также в локальной файловой системе.

Векторные примитивы и 3D-модели отдельных объектов на местности, привязанные к географическим координатам, заданы в KML-файле модели. Связь примитивов и 3D-моделей отдельных объектов с записями в базе данных реализована посредством гиперссылок в KML-файле модели.

Формат KML позволяет добавлять к геопривязанным примитивам любые пользовательские теги, обработка которых осуществляется приложением. Например, тег `<video>` может содержать путь к видеофайлу в локальной файловой системе. При вызове контекстного меню примитива, содержащего такой тег, в меню создаётся кнопка запуска видео.

Таким образом, цифровая модель территории и размещённые на ней векторные примитивы и 3D-модели объектов представляет собой своеобразный «3D-интерфейс» к распределённому информационному хранилищу. Такая структура данных, взаимосвязанных с цифровой 3D-моделью объекта, называется 3D-документом [8–10].

Виртуальная модель Долины гейзеров содержит следующие основные слои данных:

1. Точечные объекты (KML-тег `<point>`) – основные термопроявления (гейзеры, горячие источники, грязевые и водные котлы, паровые струи), водопады и др.
2. Линейные объекты (KML-тег `<linestring>`) – реки, тропы и др.
3. Полигоны (KML-тег `<polygon>`) – термальные участки, озёра и др.
4. Реалистичные 3D-модели домиков и хозяйственных построек на кордоне «Долина гейзеров», созданные с использованием программного обеспечения SketchUp.
5. Стереовидеосъёмка извержения наиболее крупных и известных гейзеров.

#### ОТОБРАЖЕНИЕ МОДЕЛИ В ИНТЕРНЕТЕ И В СИСТЕМАХ «ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ»

##### ОТОБРАЖЕНИЕ МОДЕЛИ В ИНТЕРНЕТЕ

Формат KML поддерживается многими гео-сервисами. Поэтому KML-файл модели может быть корректно отображён на общедоступных «виртуальных глобусах» типа Google Earth (за исключением пользовательских тегов, которые игнорируются). Например, на веб-сайте проекта модель отображается в окне браузера с использованием плагина Google Earth.

Использование возможностей открытых гео-сервисов для отображения модели существенно упрощает задачу разработчика. Можно пользоваться готовым спутниковым покрытием и моделями рельефа, размещёнными на серверах гео-сервиса, а также использовать готовый и привычный для широкой публики пользовательский интерфейс. Это даёт возможность обеспечить доступ к модели массовой аудитории.

Недостатком такого способа отображения является низкое разрешение модели территории, которая используется в Google Earth (и других открытых геопорталах). Внедрение пользовательской модели рельефа в виртуальный глобус Google Earth невозможно. Другие недостатки – невозможность отображения в стерео-режиме, невозможность показа объектов под поверхностью земли, ограниченные возможности разработки интерактивных демонстраций на базе модели. Обойти эти недостатки в рамках сервиса Google Earth невозможно, так как исходный код приложения закрыт, а API к нему имеет ограниченную функциональность.

Таким образом, Интернет-отображение модели посредством открытых гео-сервисов имеет важное преимущество – массовый доступ к модели, и в то же время ряд недостатков, из-за которых страдает реалистичность модели и снижается доступная функциональность.

Альтернативным вариантом является разработка Интернет-версии собственного виртуального глобуса с поддержкой всех необходимых функций. Эта задача сопряжена с размещением большого объёма спутниковых данных на собственном сервере, а также с разработкой собственного пользовательского интерфейса и его отладкой во всех популярных Интернет-браузерах.

##### ОТОБРАЖЕНИЕ МОДЕЛИ В СИСТЕМАХ «ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ»

Наиболее полное и реалистичное отображение модели возможно на стереоскопической проекционной установке (системе «виртуальной реальности») с использованием собственного виртуального глобуса. Этот способ не накладывает ограничений на объём данных и позволяет реализовать любую необходимую функциональность.

В проекте «Виртуальная Долина гейзеров» используется виртуальный глобус, разработанный А. Е. Бобковым (далее «Виртуальная Земля»). Перемещение по модели возможно в режиме полёта или в режиме прогулки, когда положение камеры зафиксировано на расстоянии 1,8 метра от поверхности земли.



«Виртуальная Земля» имеет открытый код, поэтому возможности развития модели ограничены только временем разработчика. Ведётся постоянная работа над повышением реалистичности модели. Ниже описан ряд функций, реализованных в «Виртуальной Земле» для улучшения качества отображения цифровой модели территории.

### Спряmlение участков рельефа

Цифровая модель рельефа с разрешением 2,5 м, использованная в «Виртуальной Долине гейзеров», обеспечивает фотореалистичный вид территории при положении камеры на высотах примерно 100 м и выше над поверхностью земли (режим имитации полёта на вертолёте). При приближении к поверхности земли ниже 100 м становятся ощутимы вертикальные ошибки цифровой модели рельефа.

Наиболее сильно заметны следующие ошибки:

1) участки, которые должны быть горизонтальными (поверхность озера, площадки под зданиями и сооружениями, вертолётные площадки), имеют бугры или наклоны.

2) протяжённые участки, которые должны иметь горизонтальный поперечный профиль (реки, настильные тропы), имеют поперечный наклон.

3) протяжённые участки, которые должны иметь монотонное убывание высоты вдоль участка (реки), имеют «бугристый» продольный профиль.

Для устранения этих недостатков при отображении модели можно использовать дополнительную векторную информацию из KML-файла.

Например, для того чтобы указать, что область, заданная полигоном, должна быть горизонтальна (рис. 1), нужно добавить тег:

```
<ExtendedData>
  <Data name="flattened">
    <value>yes</value>
  </Data>
</ExtendedData>
```

Для того чтобы указать, что протяжённый участок, заданный линией, должен

иметь горизонтальный поперечный профиль, нужно добавить тег:

```
<ExtendedData>
  <Data name="footpath">
    <value>1</value>
  </Data>
  <Data name="width">
    <value>2.0</value>
  </Data>
</ExtendedData>
```

Аналогичным образом можно поступить в случае рек, которым нужно обеспечить монотонное убывание высоты при отображении.

### Дополнительное текстурирование участков поверхности

Спутниковый снимок с разрешением 0,5 м, который используется в модели, обеспечивает фотореалистичный вид территории при положении камеры на высотах 100 м и более над поверхностью земли (режим имитации полёта на вертолёте). При положении камеры ближе к поверхности земли, особенно в режиме пешей прогулки, текстура начинает «расплываться» и реалистичность ближнего плана существенно снижается.

Наиболее сильно этот эффект заметен на поверхности озера, а также вдоль настильных троп. Для улучшения качества отображения можно добавить дополнительную текстуру на поверхность озера, в том числе анимированную («волны»), а также текстурированную 3D-модель деревянной настильной тропы с перилами и смотровыми площадками.

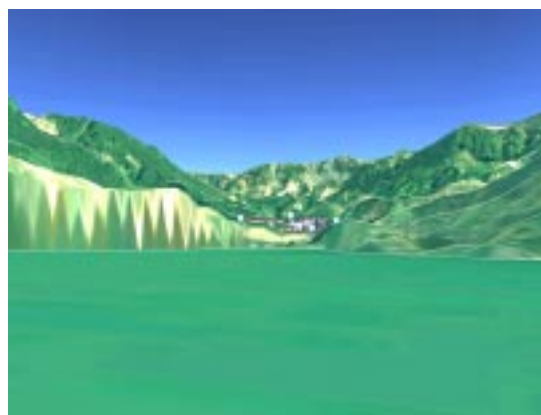


Рис. 1. Спряmlение поверхности озера

### Добавление векторных моделей растительности

Ещё один способ повышения реализма модели территории при отображении – добавление векторных моделей растительности (деревья, кустарник, трава). Можно размещать индивидуальные модели растений по заданным координатам, либо случайным образом «населять» заданную область модификациями базовой модели растения.

Например, для того чтобы задать область, населённую деревьями, нужно добавить тег:

```
<ExtendedData>  
  <Data name="tree">  
    <value>yes</value>  
  </Data>  
</ExtendedData>
```

### Добавление анимированных векторных моделей животных

В виртуальную модель территории могут быть добавлены не только статичные векторные модели растительности, но и анимированные векторные модели животных. Например, для усиления эмоциональной вовлечённости пользователя рядом с экскурсионной тропой была размещена анимированная модель медведя, созданная средствами Autodesk 3ds Max (рис. 2).

## ИНТЕРАКТИВНЫЕ ДЕМОНСТРАЦИИ НА БАЗЕ МОДЕЛИ

В системах «виртуальной реальности» наиболее удобно представлять информацию

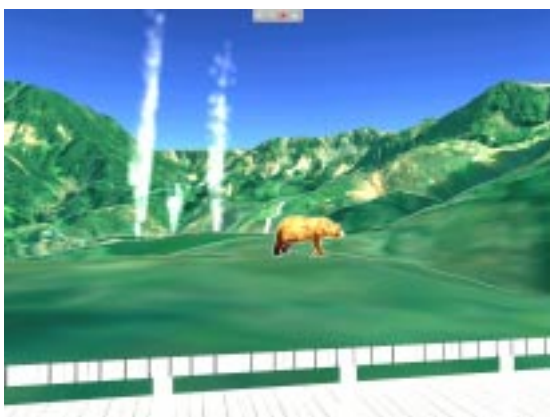


Рис. 2. Анимированная модель медведя

пользователю в форме интерактивной демонстрации, или интерактивной истории [11–13].

На основе цифровой модели территории и связанной с ней информационной системы возможна разработка различных интерактивных демонстраций. Ниже описаны три таких демонстрации, реализованные в настоящее время: «Сейсмическая активность», «Принципиальная схема геотермальной системы», «Анимация работы гейзера».

Все демонстрации содержат элементы, расположенные под поверхностью земли. Пользователь может менять прозрачность поверхности земли в интерактивном режиме, и таким образом регулировать видимость подземных элементов.

### Сейсмическая активность

Демонстрация сейсмической активности подготовлена по данным Камчатского филиала Геофизической службы РАН (результаты исследования микросейсмической активности в районе Долины гейзеров в 2008–2009 гг). Исходные данные и консультации по их визуализации предоставлены учёным секретарём КФ ГС РАН, к. ф.-м. н. Ю.А. Кугаенко [14]. Демонстрация подготовлена в рамках дипломной работы студента МФТИ (ГУ) Д. Е. Белосохова [15].

Демонстрация показывает сейсмические события, зарегистрированные в районе Долины гейзеров в 2008 и 2009 годах. Каждое событие изображено в виде шарика, центр которого размещён в точке с координатами события (долгота, широта, глубина), а диаметр прямо пропорционален энергетическому классу события.

Дополнительно реализована возможность соединения каждого события вертикальной линией с поверхностью земли для визуализации эпицентра события, а также возможность включения подписей к событиям с обозначением энергетического класса.

Демонстрация наглядно показывает глубинное распределение «облака» сейсмических событий и его связь с наземными геологическими структурами (рис. 3).

### Принципиальная схема геотермальной системы

Принципиальная схема геотермальной системы и анимация работы гейзера подготовлены по заказу ФГУ «Кроноцкий заповедник» на основе консультаций ведущего научного сотрудника Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, к. т. н. В.А. Дроздина.

Схема показывает принципиальное строение геотермальной системы и наглядно объясняет, откуда поступает вода в область разгрузки, и почему эта вода горячая (рис. 4).

Схема геотермальной системы состоит из трех элементов:

- 1) магматический очаг и горячие газы (флюиды), поступающие от очага к поверхности;
- 2) область питания и дождь над ней, как наглядный пример метеорных вод;
- 3) линии тока, показывающие связь между областью питания и областью разгрузки.

Магматический очаг показан в виде эллипсоида. Область питания показана в виде окрашенной области на поверхности, ограниченной изолинией заданной высоты и дугой окружности заданного радиуса с центром посередине области разгрузки. Видимость области питания и уровень изолинии интерактивно задаются пользователем.

Линии тока показаны в виде случайного набора парабол, которые идут под поверхностью земли от области питания до области разгрузки. Цвет парабол меняется от синего к красному, символизируя нагревание

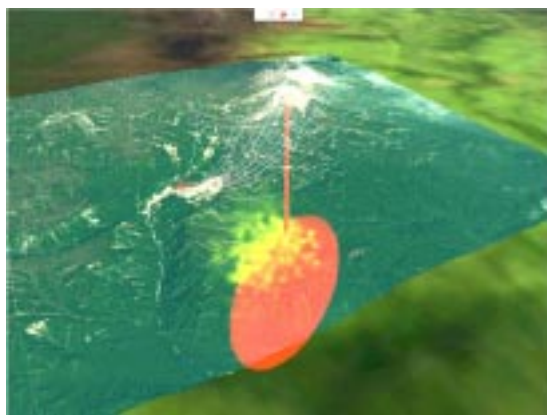


Рис. 4. Принципиальная схема геотермальной системы

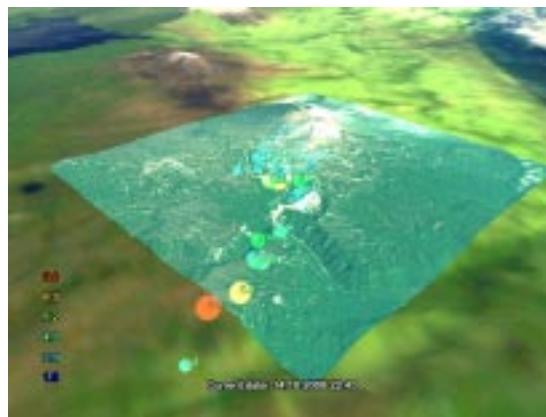


Рис. 3. «Облако» сейсмических событий

воды в процессе движения. Направление напорной фильтрации воды показано движением небольших шариков вдоль линий.

Флюиды, дождь и шарики вдоль линий тока реализованы с помощью систем частиц.

### Анимация работы гейзера

Анимация показывает устройство гейзера и стадии его работы (наполнение канала, излив, извержение и парение) (рис. 5).

Анимация состоит из двух элементов:

- 1) подземная часть (канал гейзера);
- 2) надземная часть (извержение и парение).

Канал гейзера реализован как модель конуса, искривлённая случайным образом. К каналу применяется шейдер, который, в зависимости от стадии работы гейзера, показывает положение холодной и горячей воды в канале.

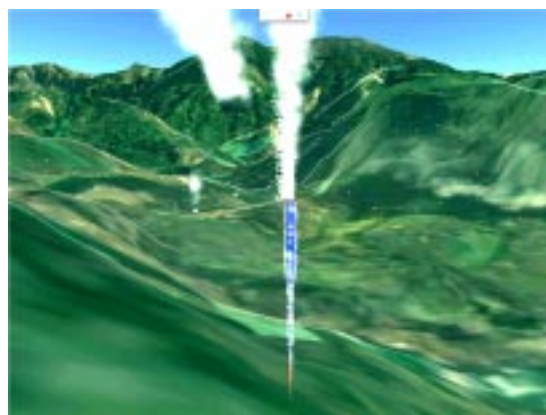


Рис. 5. Анимация работы гейзера

Вода и пар, извергаемые гейзером, а также пузыри при кипении в канале гейзера реализованы с помощью систем частиц. Системы частиц воды, пара и пузырей, а также положение воды в канале согласованы между собой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье показано, как современный программный инструментарий с открытым кодом может использоваться для создания доступных приложений «виртуальной реальности» в сфере образования и экологичес-

кого просвещения. Распределённая, дистанционная работа над программным кодом и информационным наполнением позволяет участвовать в развитии проекта энтузиастам из разных городов и организаций. Стереоскопические мониторы на домашних компьютерах – дело ближайшего будущего, и наиболее эффективным контентом для них будут интерактивные 3D-приложения с возможностью стерео-отображения.

Авторы выражают благодарность всем участникам проекта «Виртуальная Долина гейзеров» ([www.valleyofgeysers.com](http://www.valleyofgeysers.com)).

## Литература

1. Жемчужина Камчатки – Долина Гейзеров / *Сугробов В.М., Сугрובה Н.Г., Дроздин В.А. и др.* П.-Камчатский: Камчатпресс, 2009.
2. *Leonov A., Serebrov A., Anikushkin M. et al.* Virtual story in cyberspace: Valley of Geysers, Kamchatka // Proc. of 2010 International Conference on Cyberworlds. IEEE CS CPS, 2010. DOI 10.1109/CW.2010.42 P. 247–253.
3. *Leonov A., Aleynikov A., Belosokhov D. et al.* 3D Documentation of Natural Heritage for Virtual Environments and Web – Case Study: Valley of Geysers, Kamchatka // Proc. of the IADIS International Conference CGVCVIP 2011. IADIS Press, 2011. P. 255–259.
4. *Леонов А.В., Алейников А.А., Бобков А.Е. и др.* Виртуальное моделирование территории на основе данных дистанционного зондирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. М.: МИИГАиК, 2011. № 2. С. 46–52.
5. *Клименко С.В., Гебель М.* Научная визуализация в виртуальном окружении // Программирование, 1994. № 4.
6. *Клименко С.В. и др.* Труды 1-й международной конференции по системам виртуального окружения на кластерах персональных компьютеров VEonPC 2001. Протвино, ИФТИ, 2001.
7. *Клименко С.В., Никитин И.Н., Никитина Л.Д.* Аванго – система разработки виртуальных окружений. М.–Протвино: ИФТИ, 2006.
8. *Fellner D.W. et al.* Guest Editors' Introduction: 3D documents // IEEE Computer Graphics and Applications. 2007. Vol. 27. № 4. P. 20–21.
9. *Havemann S. et al.* The Arrigo Showcase Reloaded — towards a sustainable link between 3D and semantics // Journal on Computing and Cultural Heritage. 2009. Vol. 2. Issue 1. P. 1–13.
10. *Remondino F., Rizzi A.* Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites — techniques, problems, and examples // Applied Geomatics. 2010. Vol. 2, № 3. P. 85–100.
11. *Байгозин Д.А., Батулин Ю.М., Гебель М. и др.* Интерактивное повествование в виртуальном окружении: обучающая система «Виртуальный Планетарий» // Вычислительные методы и программирование. 2004. Т. 5, № 2. С. 192–205.
12. *Baturin Y. et al.* Virtual space experiments and Lessons from Space // Proc. of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications (ED-MEDIA) 2007, AACE, Chesapeake, VA, P. 4195–4200.
13. *Danilicheva P., Klimenko S., Baturin Y., Serebrov A.* Education in Virtual Worlds: Virtual Storytelling // Proc. of 2009 International Conference on Cyberworlds. IEEE CS CPS. 2009. P. 333–338.
14. *Кузнецов Ю.А., Салтыков В.А., Коновалова А.А.* Локальная сейсмичность района Долины Гейзеров по данным полевых наблюдений 2008–2009 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 1. Вып. № 15. С. 90–99.
15. *Белосохов Д.Е.* 3D-визуализация глубинных структур на виртуальном глобусе на примере сейсмических данных // Дис. ... маг. прикл. мат. и физ.: 010900. М.: Кафедра СИМ МФТИ, 2011.



**Abstract**

This paper describes a development of an interactive 3D-applications «Virtual Valley of Geysers» with the stereo display option. Development of a digital model of the territory and the content are described, as well as visualization tools for the Internet and «virtual reality» systems, and interactive 3D-demos included in the application. It is shown that modern open source software allows a distributed development of the «virtual reality» applications for science and education.

**Keywords:** 3D-document, Stereoscopic Visualization, Virtual Reality, Virtual Tourism, Ecological Education, Edutainment, Neogeography.

*Алейников Александр Анатольевич,  
кандидат географических наук,  
специалист ИТЦ «СканЭкс»,  
shu@scanex.ru.*

*Бобков Александр Евгеньевич,  
аспирант МФТИ (ГУ),  
alexander.e.bobkov@gmail.com.*

*Дроздин Валерий Аркадьевич,  
кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник  
ИВиС ДВО РАН,  
dva@kscnet.ru,*

*Ерёмченко Евгений Николаевич,  
руководитель группы «Неогеография»  
(Технопарк Протвино),  
eugene.eremchenko@gmail.com,*

*Леонов Андрей Владимирович,  
кандидат физико-математических  
наук, руководитель Центра  
виртуальной истории науки и  
техники ИИЕТ РАН,  
spanishflyer@gmail.com,*

*Шпиленок Тихон Игоревич,  
директор ФГУ «Кроноцкий  
заповедник», tikhonshp@gmail.com.*



Наши авторы, 2011.  
Our authors, 2011.