

**ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ ПО ПРОЕКТУ 10-07-00407-а**

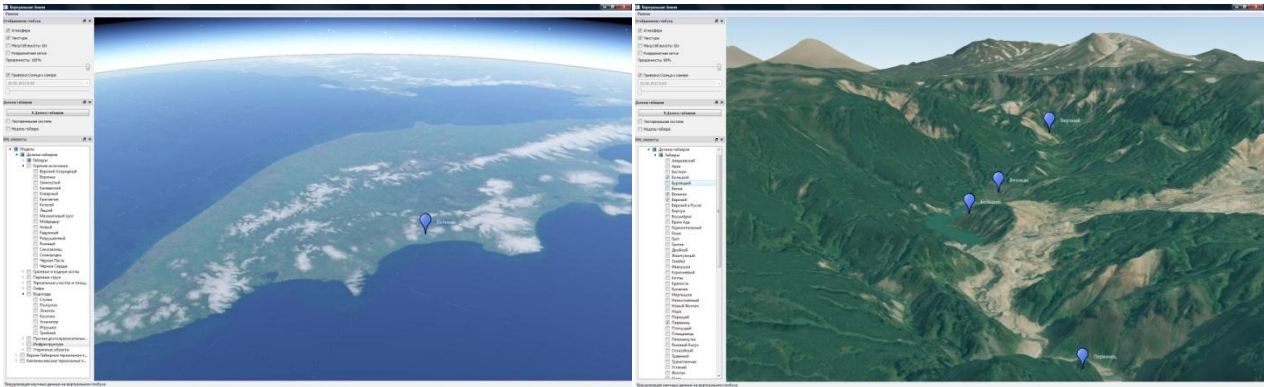
**«Создание виртуальной модели Долины Гейзеров: моделирование и визуализация оползневой опасности с использованием технологий неогеографии и виртуального окружения»**

**2010-2012 гг.**

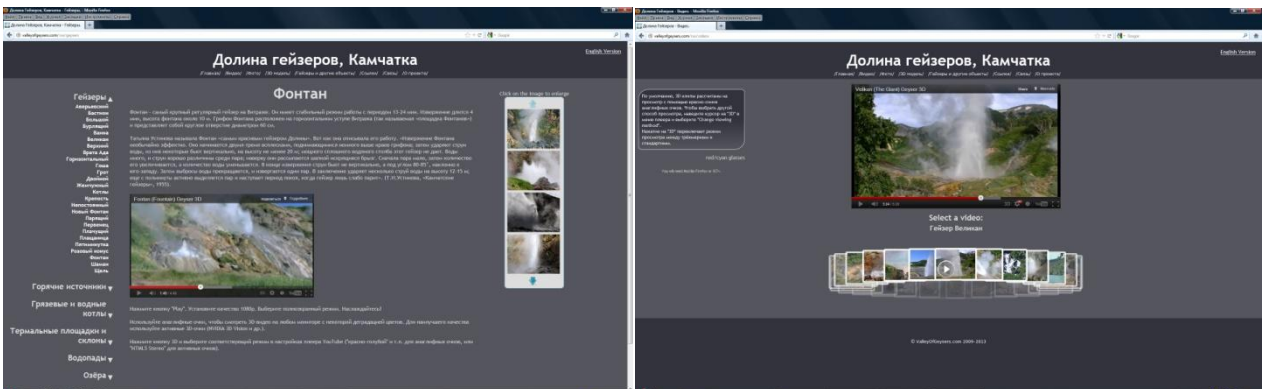
Руководитель проекта: **Леонов Андрей Владимирович**, к. ф.-м. н., руководитель  
Центра виртуальной истории науки и техники ИИЕТ РАН

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

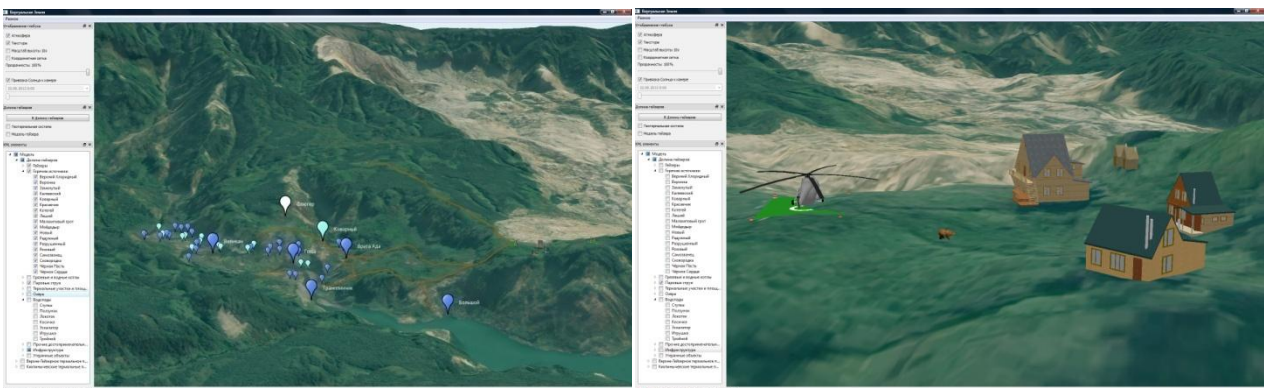
Создана виртуальная модель Долины гейзеров: модель территории высокого разрешения, внедренная на виртуальный глобус. Виртуальная модель используется для различных научных и образовательных целей, включая анализ и визуализацию оползневых процессов.



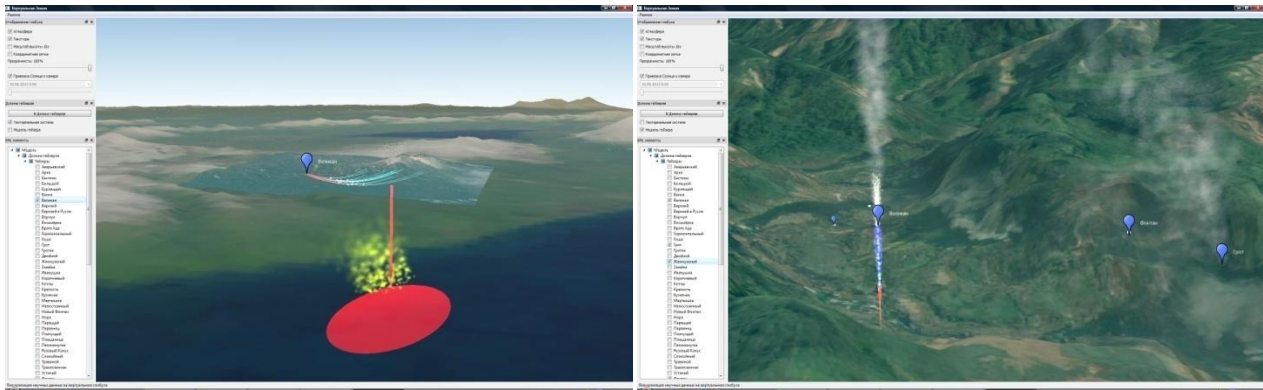
Создан каталог объектов Долины гейзеров с описанием, фотографиями и координатами 127 объектов. Создан набор документальных стерео-видеофильмов о наиболее известных объектах. Каталог и фильмы представлены на веб-сайте [www.valleyofgeysers.com](http://www.valleyofgeysers.com).



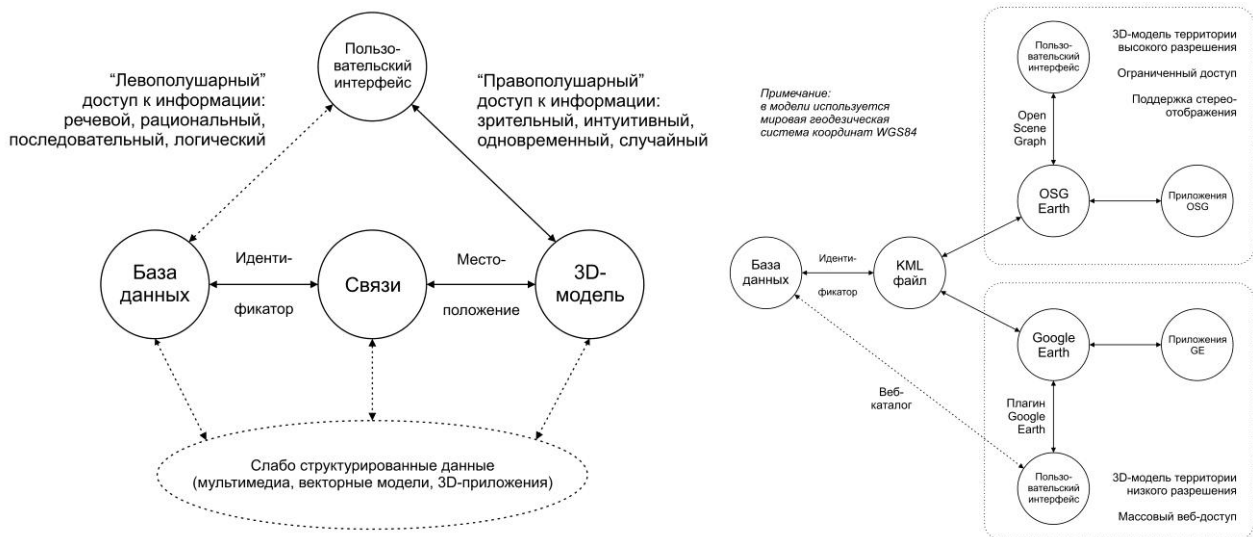
Создано интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» на основе виртуальной модели территории. Приложение связано с базой данных веб-сайта, дополнено интерактивными элементами и детальными 3D-моделями объектов.



Разработаны методы интерактивной визуализации подземных данных на основе полупрозрачного виртуального глобуса, с поддержкой стерео режима отображения.



Развиты методы построения информационных систем на основе 3D-модели территории и связанных с ней данных для систем виртуального окружения и для онлайн-доступа.



Опубликована 1 монография, 4 статьи в журналах из Перечня ВАК, 5 статей в зарубежных изданиях, 11 статей в научных журналах и сборниках трудов научных конференций.

Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник  
Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН

Каталог основных объектов  
Долины гейзеров  
(Кроноцкий заповедник, Камчатка)

А. В. Леонов

Москва  
ИИЕТ РАН  
2012



## **Форма 501. Краткий научный отчёт**

Фундаментальный результат проекта — развитие методологии создания виртуальных моделей природных объектов, «виртуального природного наследия» (Virtual Natural Heritage). В частности, разработаны и развиты методы построения виртуального глобуса (в том числе, доступного в сети Интернет) и внедрения на него 3D-моделей территорий и объектов высокого разрешения, методы стерео визуализации и анимации подземных и наземных данных и объектов, методы создания интерактивных 3D-приложений для систем виртуального окружения и для онлайн-доступа.

Основным прикладным результатом проекта стало 3D-документирование уникального природного объекта — Долины гейзеров на Камчатке — с использованием современных технологий (спутниковая съёмка высокого разрешения, точное позиционирование объектов в мировой системе координат WGS84, стерео видеосъёмка), а также обеспечение свободного доступа к полученным данным для научных и образовательных целей. Ещё одним прикладным результатом проекта стало развитие технологии стерео визуализации подземных данных на основе полупрозрачного виртуального глобуса.

В ходе выполнения проекта созданы: виртуальная модель территории высокого разрешения; каталог с описанием 127 основных объектов Долины гейзеров; набор документальных стерео видеофильмов; общедоступное интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» с поддержкой стерео режима; общедоступный интернет-сайт на русском и английском языках. По результатам проекта опубликованы: 1 монография, 4 статьи в научных журналах из Перечня ВАК, 5 статей в зарубежных изданиях, 11 статей в научных журналах и сборниках трудов научных конференций.

Результаты проекта были использованы для анализа оползневых процессов в Долине гейзеров (выполненного Лабораторией инженерной геодинамики и обоснования инженерной защиты территорий Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в рамках гранта РФФИ № 10-05-00139), визуализации локальной сейсмической активности в районе Долины гейзеров (по данным Камчатского филиала Геофизической службы РАН, полученным в рамках грантов РФФИ 07-05-02107, 08-05-10043, 09-05-10067), визуализации принципиальной схемы геотермальной системы и скважинной модели работы гейзера (по данным Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН).

Результаты проекта могут стать основой для дальнейшего развития методологии создания информационных систем на основе 3D-документов в области виртуального природного и культурного наследия. Также результаты проекта могут быть использованы для дальнейшего развития средств 3D-визуализации и анализа подземных данных (в т.ч. сейсмичности) на основе виртуального глобуса, как в реальном времени, так и в режиме пост-обработки.

## **Форма 503. Развёрнутый научный отчёт**

### **ЦЕЛИ ПРОЕКТА И СТЕПЕНЬ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ**

#### Объявленные ранее цели проекта:

Основной целью проекта являлось создание общедоступной виртуальной модели Долины гейзеров и связанной с ней информационной системы для обеспечения эффективного междисциплинарного взаимодействия специалистов, изучающих данный район, в том числе, в задачах анализа оползневой опасности.

В рамках выполнения проекта предполагалось развить методы создания виртуальных моделей природных объектов, предназначенных для информационной поддержки научных исследований и экологического мониторинга, развить технологии моделирования и визуализации геологических объектов и процессов в географическом контексте.

#### Степень выполнения поставленных в проекте задач:

Поставленные задачи, в целом, успешно выполнены.

Выполнено 3D-документирование уникального природного объекта — Долины гейзеров на Камчатке — с использованием современных технологий (спутниковая съёмка высокого разрешения, точное позиционирование объектов в мировой системе координат WGS84, стерео видеосъёмка), обеспечен свободный доступ к полученным данным для научных и образовательных целей. Создана виртуальная модель территории высокого разрешения, каталог основных объектов Долины гейзеров, набор документальных стерео видеофильмов, общедоступное интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» с поддержкой стерео режима, общедоступный интернет-сайт [www.valleyofgeysers.com](http://www.valleyofgeysers.com).

Результаты проекта были использованы для анализа оползневых процессов в Долине гейзеров (выполненного Лабораторией инженерной геодинамики и обоснования инженерной защиты территорий Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в рамках гранта РФФИ № 10-05-00139), визуализации локальной сейсмической активности в районе Долины гейзеров (по данным Камчатского филиала Геофизической службы РАН, полученным в рамках грантов РФФИ 07-05-02107, 08-05-10043, 09-05-10067), визуализации принципиальной схемы геотермальной системы и скважинной модели работы гейзера (по данным Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН).

Фундаментальным результатом проекта стало развитие методологии создания виртуальных моделей природных объектов, «виртуального природного наследия» (Virtual Natural Heritage). В частности, разработаны и развиты методы построения виртуального глобуса и внедрения на него 3D-моделей территорий и объектов высокого разрешения, методы стерео визуализации и анимации подземных и наземных данных и объектов, методы создания интерактивных 3D-приложений для систем виртуального окружения и для онлайн-доступа.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

**1. Создана виртуальная модель территории Долины гейзеров высокого разрешения на базе свободно доступного виртуального глобуса.** Созданы цифровые модели рельефа для района Долины гейзеров по состоянию на 1978 г., 1993 г. и сентябрь 2007 г. Получен спутниковый снимок GeoEye-1 от 6 сентября 2009 г. с разрешением 0,5 м, выполнена точная привязка этого снимка к мировой системе координат WGS84. Создан виртуальный глобус на основе открытых данных ДЗЗ, свободно доступный в сети Интернет, на который внедрены данные ДЗЗ высокого разрешения для района Долины гейзеров, рис. 1. Построенная модель территории использована для анализа и визуализации оползневых процессов, рис. 9, 10.

**2. Создан каталог объектов Долины гейзеров,** включающий описание, фотографии и координаты (расположение) 127 основных объектов. Каталог представлен на сайте проекта [www.valleyofgeysers.com](http://www.valleyofgeysers.com), а также опубликован в виде монографии в 2012 г., рис. 2.

**3. Выполнена документальная стерео-видеосъемка** основных гейзеров, источников и других объектов, создан набор стерео-видеофильмов в формате Stereo FullHD 1920x1080, обеспечен свободный доступ к ним на сайте проекта, рис. 3.

**4. Создано интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров»,** обеспечивающее свободный доступ к построенной виртуальной модели территории и базе данных веб-сайта для научных и образовательных целей. Приложение демонстрируется в музее Кроноцкого заповедника (г. Елизово, Камчатский край) и на Постоянно действующей выставке достижений РАН (г. Москва), а также доступно на сайте проекта. Обеспечена возможность свободного развития этого 3D-приложения за счет использования открытого программного обеспечения (OpenSceneGraph, osgEarth), общепринятого формата данных Keyhole Markup Language (KML) и мировой системы координат WGS84, рис. 4.

**5. Разработаны методы и технологии интерактивной визуализации подземных данных** и объектов на основе полупрозрачного виртуального глобуса, с поддержкой стерео режима отображения. Выполнена визуализация локальной сейсмической активности в районе Долины гейзеров (по данным КФ ГС РАН, полученным в рамках грантов РФФИ 07-05-02107, 08-05-10043, 09-05-10067), рис. 5; визуализация региональной сейсмичности на основе виртуального глобуса, рис. 6; визуализация принципиальной схемы геотермальной системы и скважинной модели работы гейзера (по данным ИВиС ДВО РАН), рис. 7, 8.

**6. Разработана методология создания виртуальных моделей природных объектов,** «виртуального природного наследия» (Virtual Natural Heritage). Развита методология построения информационных систем на основе 3D-модели территории и связанных с ней данных для систем виртуального окружения и для онлайн-доступа.

**7. Опубликована 1 монография, 4 статьи в журналах из Перечня ВАК, 5 статей в** зарубежных изданиях, 11 статей в научных журналах и сборниках трудов научных конференций. Результаты работы доложены на научных конференциях МФТИ, МГУ им. М.В. Ломоносова, CyberWorlds 2010 (Сингапур), IADIS CGVCVIP 2011 (Рим, Италия), в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Камчатском филиале Геофизической службы РАН, Институте истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН. Все основные публикации доступны на сайте: <http://virtual.ihst.ru/leonov.html>.

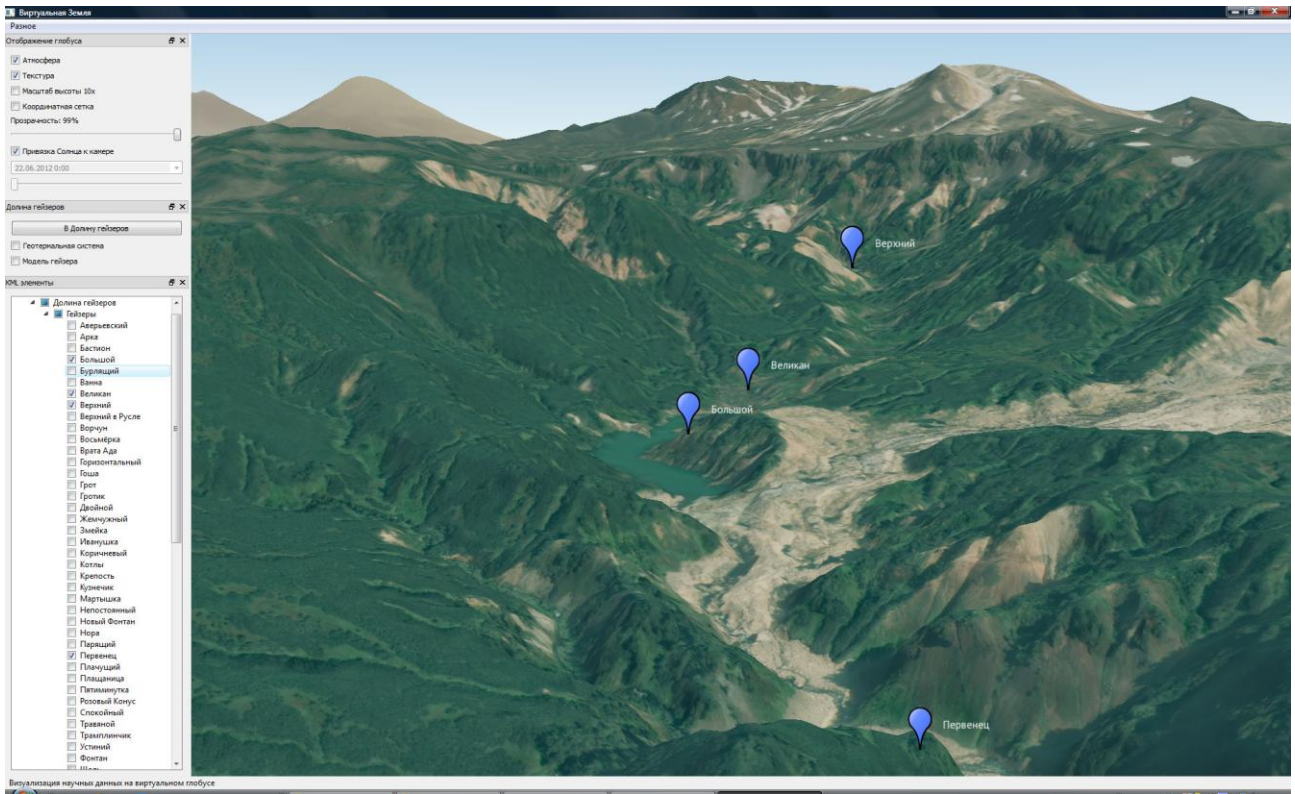


Рис. 1. Виртуальная модель территории Долины гейзеров высокого разрешения на базе свободно доступного виртуального глобуса.



Рис. 2. Схема центральной части Долины гейзеров из опубликованного каталога объектов (слева), свидетельство о государственной регистрации электронной публикации (справа).

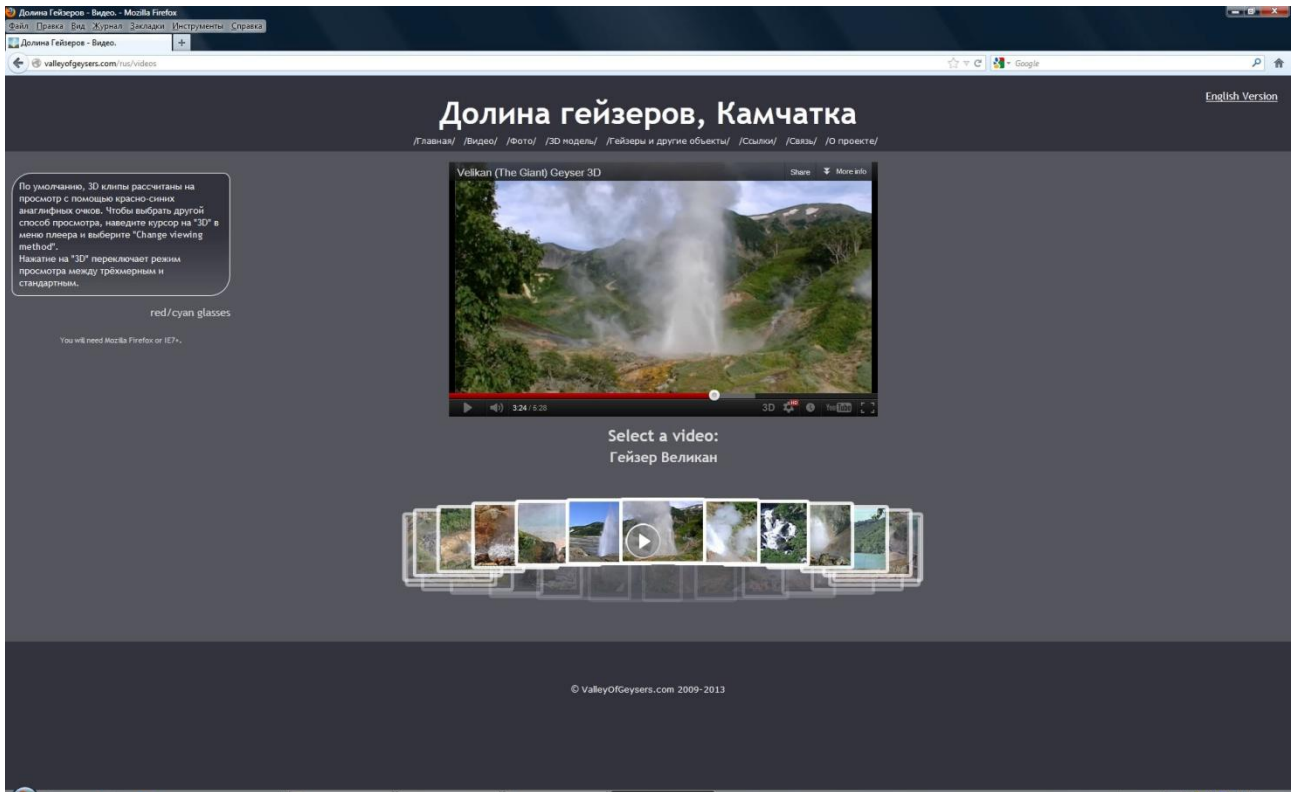


Рис. 3. Набор документальных стерео-видеофильмов о наиболее известных объектах Долины гейзеров, представленный на веб-сайте проекта.

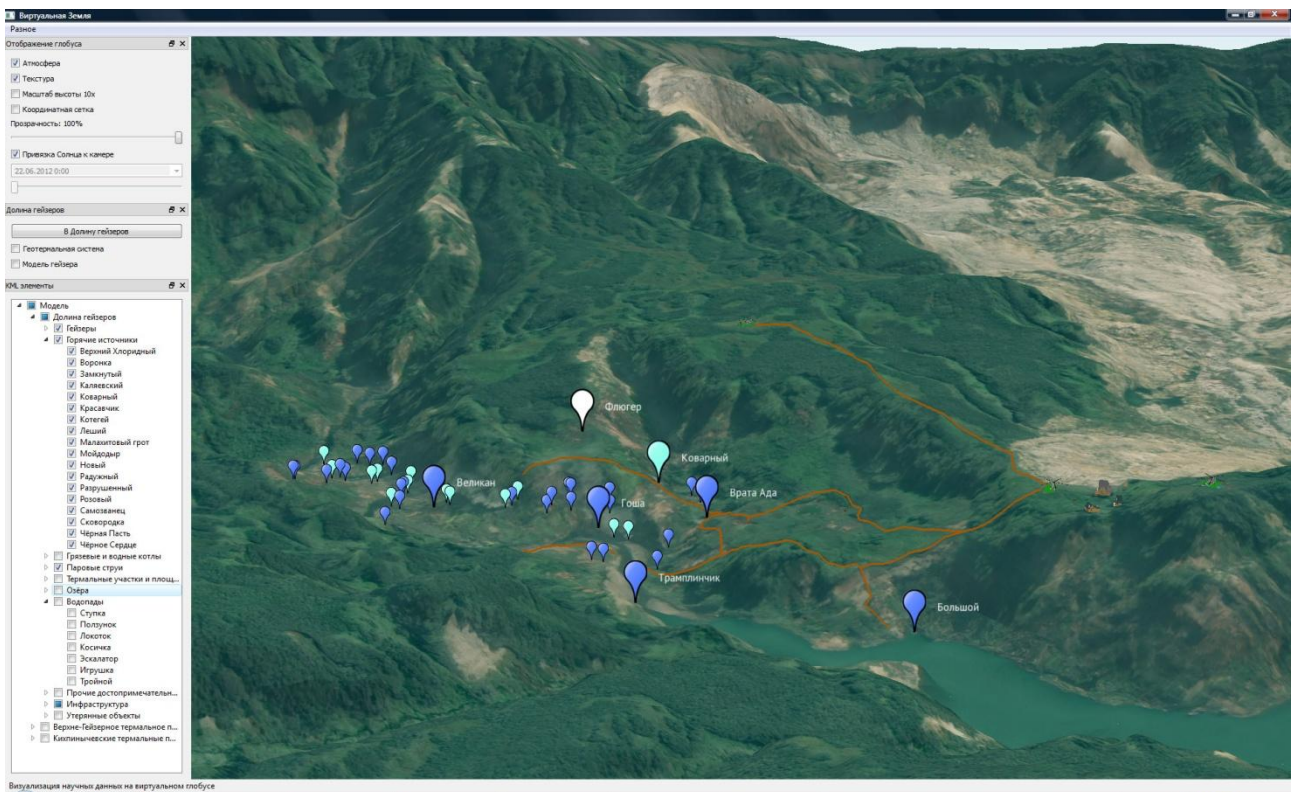


Рис. 4. Интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров»: показаны термоявления и инфраструктура в центральной части Долины гейзеров.

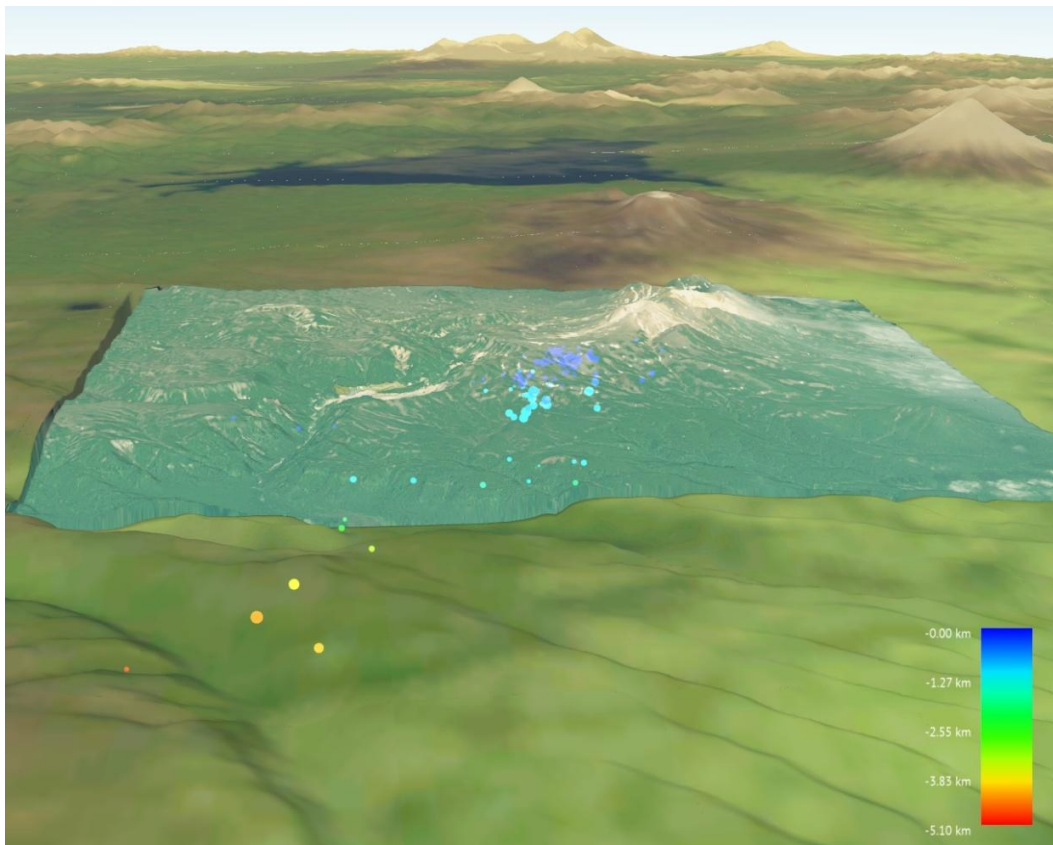


Рис. 5. Визуализация сейсмичности в районе Долины гейзеров (по данным КФ ГС РАН).

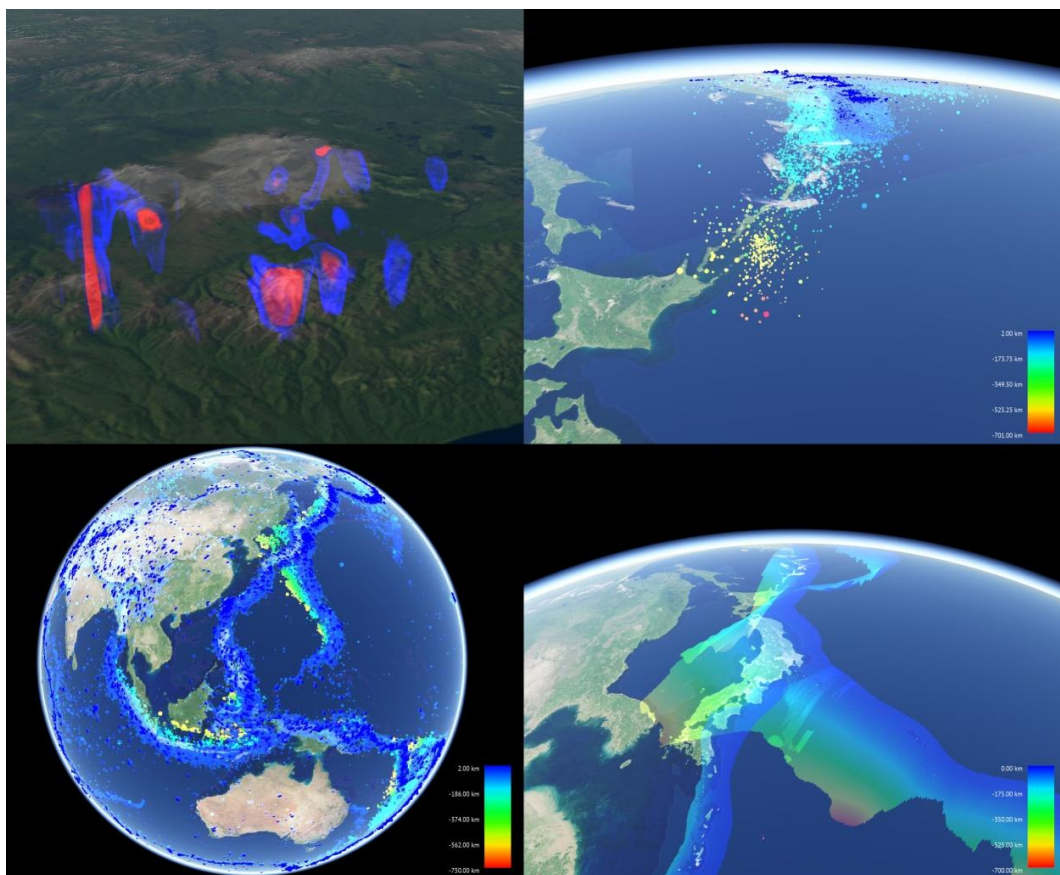
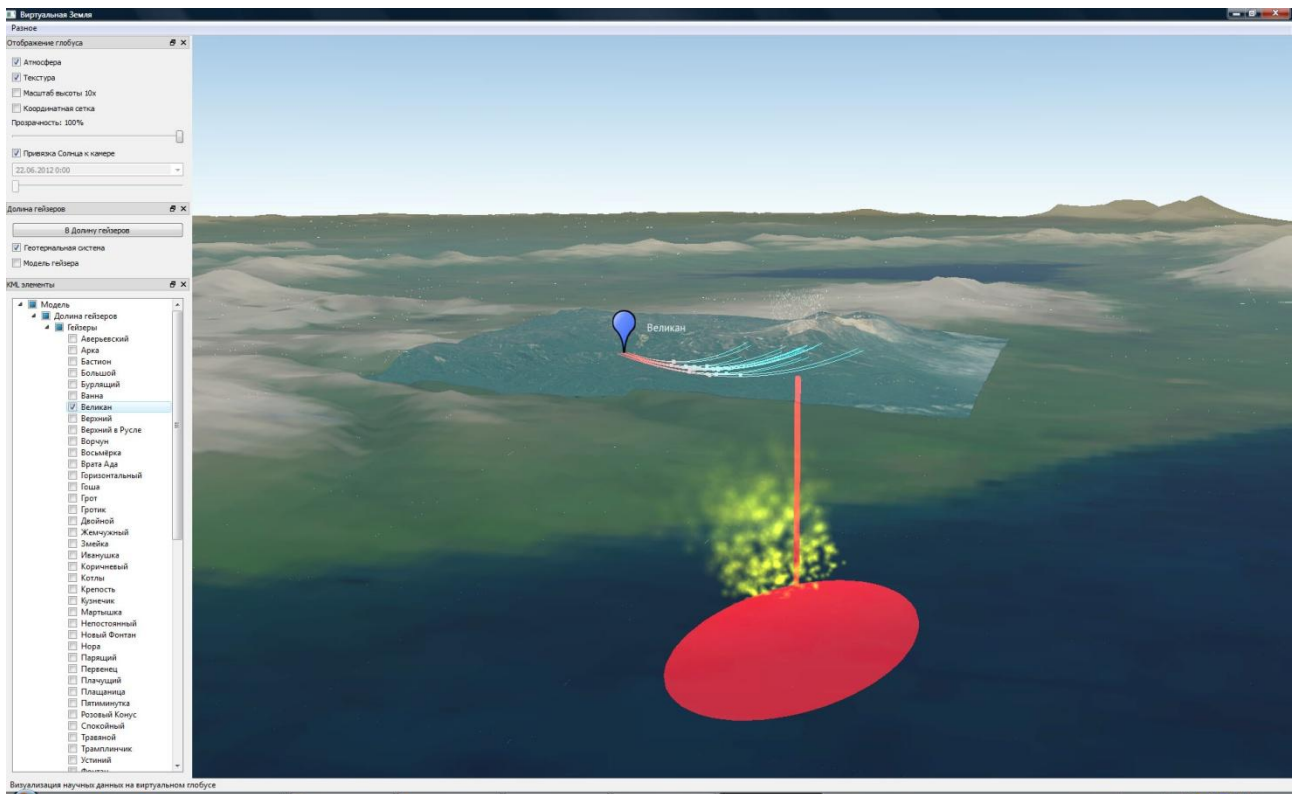
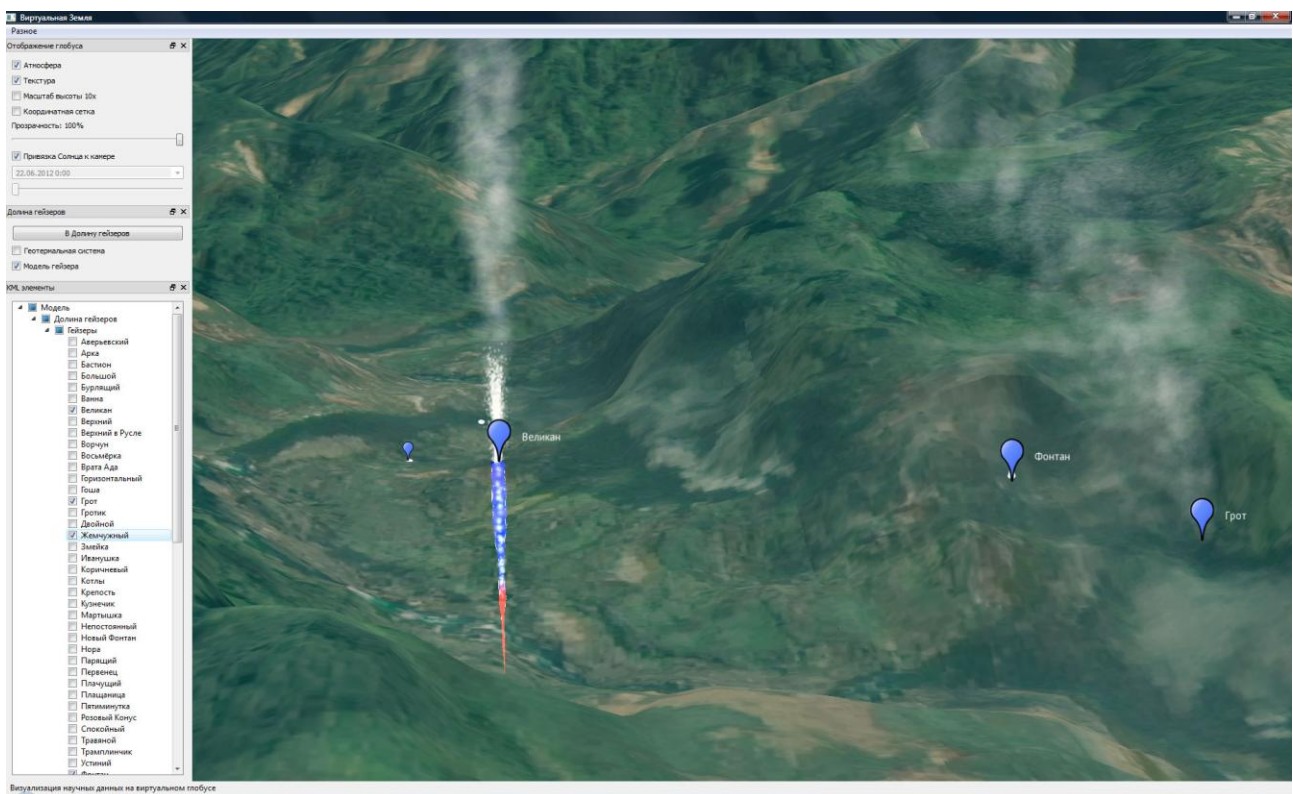


Рис. 6. Визуализация сейсмичности на виртуальном глобусе (по данным КФ ГС РАН, ИНГГ СО РАН, МИП РАН, USGS).



*Рис. 7. Визуализация принципиальной схемы геотермальной системы Долины гейзеров для задач экологического образования и просвещения (по данным ИВиС ДВО РАН).*



*Рис. 8. Визуализация скважинной модели работы гейзера для задач экологического образования и просвещения (по данным ИВиС ДВО РАН).*

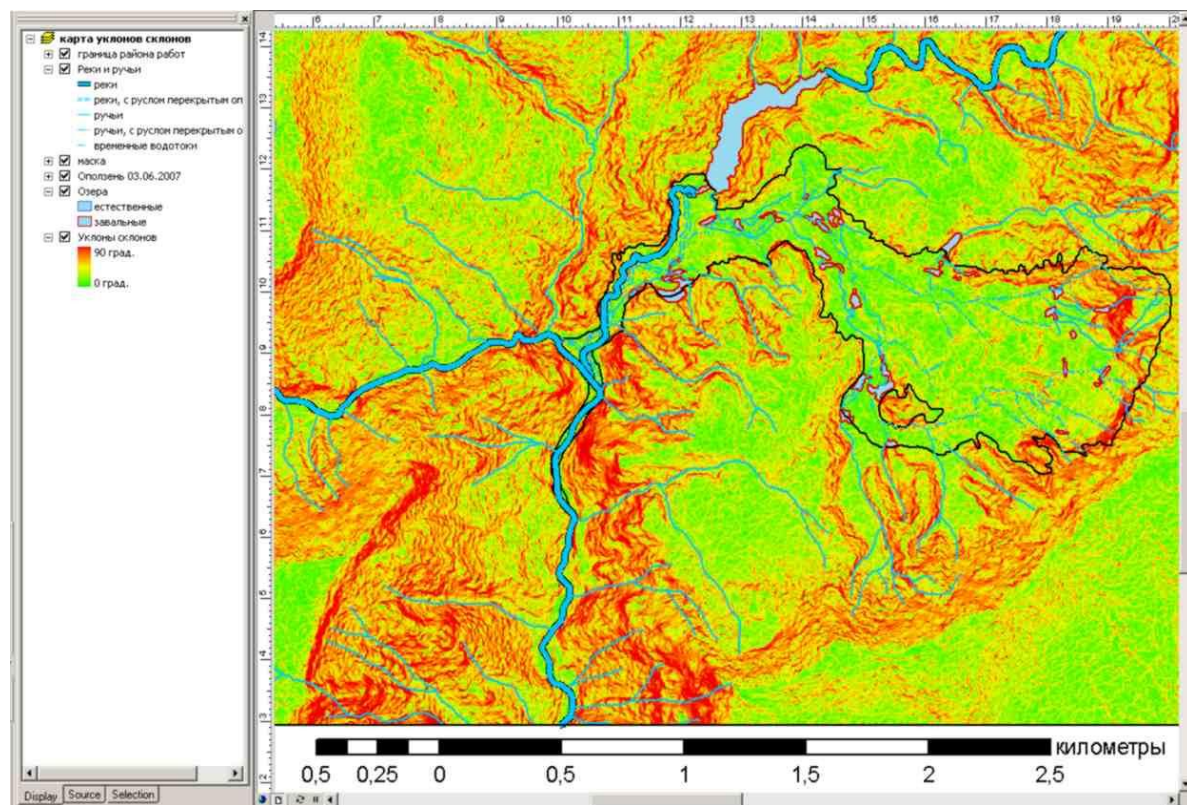
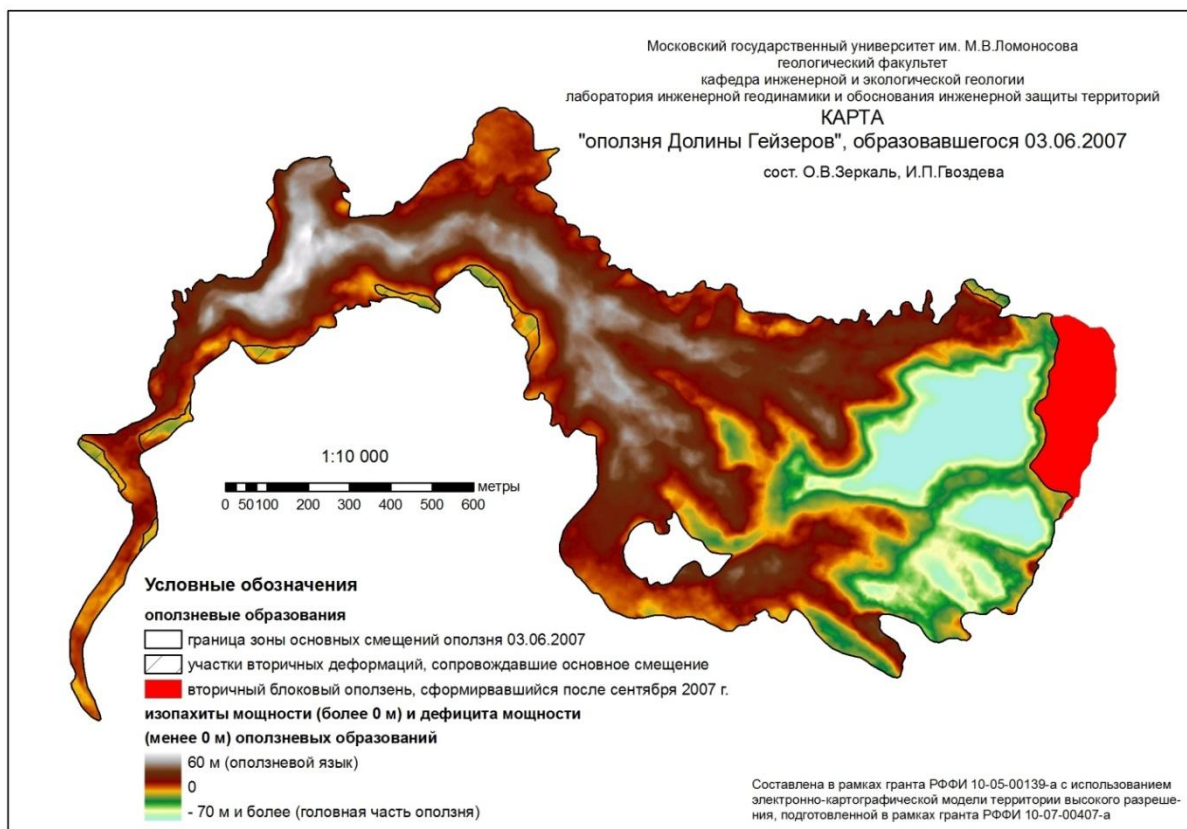


Рис. 9, 10. Карта оползня 2007 года в Долине гейзеров (вверху) и карта уклонов склонов долины реки Гейзерной и прилегающих территорий (внизу), составленные с использованием модели территории, подготовленной в рамках проекта РФФИ 10-07-00407-а (сост. О.В. Зеркаль, И.П. Гвоздева, в рамках проекта РФФИ № 10-05-00139-а).

## Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта:

Проект в целом основан на концепциях неогеографии и виртуального окружения. Идея неогеографии подразумевает использование виртуальной модели территории и Земли в целом (виртуального глобуса) с мировой системой координат для представления разнородных данных в едином географическом контексте. Идея виртуального окружения подразумевает демонстрацию виртуальной модели объекта и связанных с ней данных в интерактивном стереоскопическом режиме, обеспечивающем «погружение» пользователя в пространство модели и интуитивную манипуляцию данными.

Практическое применение обеих концепций для конкретной задачи — виртуальной модели Долины гейзеров — потребовало решения ряда технических и методических задач. Во-первых, потребовалось провести существенное развитие программного инструментария виртуального глобуса, включая поддержку полупрозрачного рельефа и отображения подземных данных, корректный импорт и отображение наземных данных в формате Keyhole Markup Language (KML), поддержку модульного меню с развитой функциональностью управления, реализацию эффективного онлайн-доступа к спутниковому покрытию (как к открытым данным ДЗЗ, так и к данным высокого разрешения). Во-вторых, потребовалось решить методическую задачу обеспечения двух режимов отображения виртуальной модели: для стереоскопических проекционных систем «виртуального окружения» и для массового использования в сети Интернет, с доступом к единой базе данных.

Для создания цифровых моделей рельефа применялись традиционные методы фотограмметрии, однако потребовалась их адаптация для спутниковой съёмки высокого разрешения и конкретного типа аэрофотосъёмки, которые использовались в качестве исходных данных. Для определения координат характерных точек на местности и привязки спутникового снимка высокого разрешения к мировой системе координат WGS84 использовалась спутниковая геодезическая съёмка (профессиональный GPS-приёмник в дифференциальном режиме с опорными базовыми станциями КФ ГС РАН). Методическая сложность выполнения этой работы заключалась в невозможности предварительной подготовки опознавательных знаков на местности из-за статуса заповедной территории, а также в большом удалении базовых станций (105 и 185 км от места измерений).

Создание каталога объектов потребовало решения таких методических задач, как выбор основного названия объекта (в тех случаях, когда известно несколько названий); классификация термопроявлений (разграничение гейзеров и горячих источников); выработка единых правил написания составных названий на русском языке; выработка методики передачи имён собственных на иностранном языке.

Сtereo-видеосъёмка и особенно обработка и монтаж отснятого материала в стерео режиме представили целый ряд технических и методических сложностей, которые удалось удовлетворительно решить только к последнему году реализации проекта.

Таким образом, в ходе выполнения проекта потребовалось искать новые и оригинальные решения целого ряда разноплановых методических и технических задач. Полученный опыт, безусловно, может эффективно применяться при выполнении аналогичных проектов.

## СТЕПЕНЬ НОВИЗНЫ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Созданная 3D-модель территории Долины гейзеров и прилегающей территории, привязанная к мировой системе координат WGS84, является новой. До выполнения проекта, в качестве топографической основы для района Долины гейзеров использовались карты масштаба 1:2000 и 1:10000, созданные в 1970х годах и не имеющие привязки к мировым координатам. Также в Лаборатории геодезии и дистанционных методов исследований ИВиС ДВО РАН для расчёта объёма оползня 2007 года была создана 3D-модель части территории, затронутой оползнем, без привязки к мировым координатам. Таким образом, виртуальная модель, созданная в ходе выполнения проекта, является новой как по охвату и разрешению (280 кв. км. с разрешением цифровой модели рельефа 2,5 м и с разрешением спутникового покрытия 0,5 м), так и по точности привязки к мировой системе координат (не хуже 0,5 м).

Созданный каталог объектов Долины гейзеров является новым. До выполнения проекта, существовал ряд описаний Долины гейзеров разных авторов (Устинова, 1946, 1949, 1955; Набоко, 1954; Райк, 1963; Виноградов, 1964; Семенов, 1973; Брайан, 1991; Нечаев, 2000, 2007; Сугробов и др., 2004, 2009, и другие), все они описывали состояние объектов до оползня 2007 года. Впервые создан каталог, включающий современные фотографии и координаты (расположение) всех основных объектов, а также согласованное название на русском языке и его перевод на английский язык. Каталог был единогласно одобрен и рекомендован к публикации Учёным советом ИВиС ДВО РАН и Научно-техническим советом ФГУ «Кроноцкий заповедник» и опубликован в 2012 г.

Выполненная документальная стерео-видеосъёмка объектов является новой. До выполнения проекта, стерео-видеосъёмки камчатских гейзеров не существовало. Первая попытка стерео-видеосъёмки была предпринята командой проекта (А.С. Клименко, И.П. Казанский, В.Ф. Уразметов) в 2009 году в рамках проекта РФФИ 09-07-02100-э\_к «Организация и проведение экспедиции в Кроноцкий заповедник (Камчатка) для выполнения стереоскопической видеосъёмки и описания объектов в Долине Гейзеров», однако полученный материал был не удовлетворительным по качеству. В 2011 году стерео видеосъёмка была выполнена заново на более современном оборудовании (А.В. Леонов, В.А. Конышев), отснято более 7 часов материала, на основе которого смонтировано 25 стерео-видеофильмов о наиболее интересных гейзерах, источниках и других объектах. Отметим, что в 2012 году стерео-видеосъёмкой в Долине гейзеров также занимались зарубежные кинематографисты с профессиональным оборудованием; их основной целью была съёмка медведей, но насколько нам известно, в ходе этих съёмок также был отснят гейзер Великан (и возможно некоторые другие гейзеры), однако эти результаты не являются общедоступными.

Интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» на основе общедоступного виртуального глобуса является новым — прежде всего, как инструментарий научной визуализации для эффективного междисциплинарного взаимодействия специалистов, изучающих данный район, а также средство научного образования и экологического просвещения, в том числе школьного. Наиболее близким функциональным аналогом являются анимированные презентации на основе виртуальных глобусов типа Google Earth. Созданное приложение обеспечивает более широкую функциональность по сравнению с аналогами, а также возможность свободного развития за счёт использования открытого программного обеспечения и общепринятых форматов данных.

Созданный веб-сайт о Долине гейзеров [www.valleyofgeysers.com](http://www.valleyofgeysers.com) является новым по количеству и качеству представленного материала. До сих пор в сети Интернет не было научно-популярного информационного ресурса, целиком посвященного Долине гейзеров, несмотря на значительный интерес к этому природному объекту. Веб-сайт существует с 2009 года и к настоящему времени был просмотрен около 100 тысяч раз. При поиске в поисковых системах Google и Yandex (по запросам “Valley of Geysers” и «Долина гейзеров» соответственно) сайт занимает второе место в результатах поиска после Википедии.

Методы и технологии интерактивной стерео визуализации подземных данных и объектов (в том числе, сейсмичности) на основе полупрозрачного виртуального глобуса, разработанные в ходе выполнения проекта, являются новыми. Известные авторам зарубежные аналоги находятся в стадии экспериментальных разработок. Идеи и подходы, впервые предложенные в рамках проекта для Долины гейзеров, были использованы в 2012 году для разработки интерактивной 3D-презентации «Визуализация геофизических исследований» совместно с Геофизической службой РАН и Камчатским филиалом Геофизической службы РАН для Постоянно действующей выставки достижений РАН, рис. 6. Эта работа получила высокую оценку специалистов, её результаты были доложены на конференции ГрафиКон-2012.

Разработанная методология создания виртуальных моделей природных объектов, «виртуального природного наследия» (Virtual Natural Heritage), является относительно новой. Общие идеи и подходы к построению информационных систем на основе 3D-документов (в том числе, 3D-моделей территорий и связанных с ними данных) обсуждаются в мировой литературе, как минимум, с 2007 года, когда был предложен термин «3D-документ». Однако практическая реализация этих идей для конкретных примеров обширных территорий со сложным рельефом, с поддержкой разнопланового информационного наполнения и развитой функциональностью управления и отображения (включая интерактивный стерео режим для систем «виртуального окружения» и для массового использования в сети Интернет), представляет несомненную новизну.

#### Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем:

Проект в целом, как создание общедоступной виртуальной модели природной территории для задач научной визуализации и экологического образования, находится на мировом уровне, что подтверждается публикацией результатов проекта в трудах международных научных конференций CyberWorlds 2010 и IADIS CGVCVIP 2011.

Для гейзерных полей мира, проект является новаторским на мировом уровне. В частности, для Йеллоустонского национального парка аналогичные разработки отсутствуют. Это подтверждается публикацией ряда статей о результатах проекта в регулярном издании Американской ассоциации по наблюдению и изучению гейзеров «*The Geyser Gazer Sput. The Newsletter of The Geyser Observation and Study Association*».

Методы и технологии интерактивной стерео визуализации подземных данных и объектов (в том числе, сейсмичности) на основе полупрозрачного виртуального глобуса, разработанные в ходе выполнения проекта, находятся на мировом уровне. Известные авторам зарубежные аналоги находятся в стадии экспериментальных разработок.

## НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

### Монографии

*Леонов А. В.* Каталог основных объектов Долины гейзеров (Кроноцкий заповедник, Камчатка) / Электронное издание, номер государственной регистрации 0321200426. — М.: ИИЕТ РАН, 2012. — 217 с.

### Публикации в изданиях из Перечня ВАК

*Леонов А. В., Бобков А. Е., Ерёмченко Е. Н.* 3D-документирование территории для систем виртуальной реальности // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2012. — № 9. — С. 13-17.

*Леонов А. В.* Систематизация названий основных объектов в районе Долины гейзеров (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. — 2012. — № 1. — Вып. № 19. — С. 215-230.

*Алейников А. А., Бобков А. Е., Дроздин В. А., Ерёмченко Е. Н., Леонов А. В., Шпиленок Т. И.* Интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» // Компьютерные инструменты в образовании. — 2011. — № 4. — С. 41-49.

*Леонов А. В., Алейников А. А., Бобков А. Е., Ерёмченко Е. Н., Клименко А. С., Фролов П. В.* Виртуальное моделирование территории на основе данных дистанционного зондирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. — 2011. — № 2. — С. 46-52.

### Публикации в зарубежных изданиях

*Andrey Leonov.* Cataloging of Geysers in Kamchatka's Valley of Geysers // The Geysers Gazer Sput. The Newsletter of The Geysers Observation and Study Association (ISSN 1524-5497). — 2013 (Vol. 27). — February (No. 1). — In press.

*Andrey Leonov.* Virtual Valley of Geysers // The Geysers Gazer Sput. The Newsletter of The Geysers Observation and Study Association (ISSN 1524-5497). — 2012 (Vol. 26). — February (No. 1). — P. 12-15.

*Andrey Leonov, and Jack Hobart.* The Valley of the Geysers — Twenty Years After the GOSA Expedition // The Geysers Gazer Sput. The Newsletter of The Geysers Observation and Study Association (ISSN 1524-5497). — 2011 (Vol. 25). — December (No. 6). — P. 17-18.

*Andrey Leonov, Alexander Aleynikov, Dmitriy Belosokhov, Alexander Bobkov, Evgeny Eremchenko, Pavel Frolov, Andrey Klimenko, and Stanislav Klimenko.* 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. — ISBN: 978-972-8939-48-9 — P. 255-259.

*Andrey Leonov, Alexander Serebrov, Mikhail Anikushkin, Dmitriy Belosokhov, Alexander Bobkov, Evgeny Eremchenko, Pavel Frolov, Ilya Kazanskiy, Andrey Klimenko, Stanislav Klimenko, Viktoria Leonova, Andrey Rashidov, Vasil Urazmetov, Valeriy Droznin, Viktor Dvigalo, Vladimir Leonov, Sergey Samoylenko, Alexander Aleynikov, and Tikhon Shpilenok.* 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.

### Публикации в сборниках

*Леонов А. В.* Использование данных ДЗЗ для создания «виртуального наследия» // Земля из космоса — наиболее эффективные решения. — 2012. — № 15. — С. 55-61.

*Бобков А. Е., Леонов А. В., Чебров В. Н.* Визуализация сейсмических данных на виртуальном глобусе // Научная визуализация. — 2012. — № 4. — С. 30-43.

*Бобков А. Е., Леонов А. В., Чебров В. Н.* Визуализация сейсмических данных на виртуальном глобусе // ГрафиКон'2012: 22-я Международная конференция по компьютерной графике и зрению: Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 01-05 октября 2012 г.: Труды конференции. — М.: МАКС Пресс, 2012. — С. 163-168.

*Белосохов Д. Е., Бобков А. Е., Леонов А. В.* Возможности 3D-визуализации для эффективного представления результатов научных исследований // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Третьей научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 9-15 октября 2011 г. / Отв. ред. В. Н. Чебров (ISBN 978-5-903258-18-5). — Обнинск: ГС РАН, 2011. — С. 347-351.

*Аникушкин М. Н., Леонов А. В.* Результаты спутниковой геодезической съёмки в Долине гейзеров в 2009 году // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Третья научно-техническая конференция. Петропавловск-Камчатский. 9-15 октября 2011 г. / Стендовый доклад.

*Бобков А. Е., Казанский И. П., Клименко С. В., Леонов А. В.* Исследование и разработка методов создания и изменения интерактивных трехмерных геоцентрических моделей рельефа в системах виртуального окружения // Труды 53-й научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук»: Часть VII. Управление и прикладная математика. Том 2. — М.: МФТИ, 2010. — С. 108-110.

*Афанасьев А. П., Афанасьев В. О., Батулин Ю. М., Бобков А. Е., Борисов Т. Н., Брагута М. В., Бугров Н. В., Ерёмченко Е. Н., Исламов Р. Т., Кириллов И. А., Клименко А. С., Клименко С. В., Леонов А. В., Петрухин В. А., Мецгерин С. А., Уразметов В. Ф., Фролов П. В., Юрченко Ю. Ю.* Программно-технический комплекс для мониторинга территорий и объектов // Труды 53-й научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук»: Часть IV. Молекулярная и биологическая физика. — М.: МФТИ, 2010. — С. 91-93.

*Леонов А. В., Серебров А. А., Алейников А. А., Аникушкин М. Н., Белосохов Д. Е., Дроздин В. А., Ерёмченко Е. Н., Казанский И. П., Клименко А. С., Клименко С. В., Леонов В. Л., Леонова В. Ф., Рашидов А. В., Самойленко С. Б., Уразметов В. Ф., Фролов П. В., Шпиленок Т. И.* Виртуальное природное наследие: 3D-модель Долины Гейзеров // Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования: Сборник трудов V Международной научно-практической конференции / Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова. — СПб: Д.А.Р.К, 2010. — С. 194-201.

*Леонов А. В., Серебров А. А., Алейников А. А., Дроздин В. А., Ерёмченко Е. Н., Казанский И. П., Клименко А. С., Клименко С. В., Леонов В. Л., Леонова В. Ф., Самойленко С. Б., Уразметов В. Ф., Фролов П. В., Шпиленок Т. И.* Создание виртуальной модели Долины Гейзеров с использованием технологий неогеографии и виртуального окружения // Труды 52-й научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук»: Часть IV. Молекулярная и биологическая физика. Том 1. — М.: МФТИ, 2009. — С. 77-79.

*Леонов А. В.* Визуализация Долины Гейзеров на Камчатке в Google Earth // Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования: Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции / Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова. — М.: Диалог культур, 2009. — С. 596-603.

*Леонов А. В.* Визуализация Долины Гейзеров на Камчатке в Google Earth // Материалы конференции X международного форума "Высокие технологии XXI века" 21-24 апреля 2009 года. — М., 2009. — С. 475-481.