

От карты к цифровой 3D-модели реальности... и снова к карте

Андрей Леонов

Независимый исследователь, Москва, Россия,
andrey.v.leonov@yandex.ru.

Ключевые слова: виртуальный глобус; цифровая карта; 3D-документ; характерные свойства; актуальные проблемы; прогноз развития.

В статье рассмотрена эволюция цифровых карт и виртуальных глобусов и актуальные проблемы, связанные с их созданием и использованием. Автор показывает, что по мере развития технологий цифровые картографические приложения все сильнее отличались от традиционных карт и глобусов, став по сути трехмерными интерактивными цифровыми моделями Земли и околоземного пространства, территорий, объектов и процессов. Эти модели зачастую выступают также в роли интерфейса для взаимодействия с большими объемами слабоструктурированных данных. Характерными новыми качествами таких 3D-моделей Земли (виртуальных глобусов), по мнению автора, являются мультимасштабность, мультизадачность и мультитемпоральность.

Анализируя особенности современных цифровых картографических приложений, автор выделяет ключевые проблемы и потенциальные риски, связанные с их созданием и использованием. К ним относятся, прежде всего, вопросы статуса данных в виртуальных мирах и доверия

к ним; контроля потоков информации между цифровыми моделями и реальным миром; манипуляции восприятием пользователя за счет настроек алгоритмов работы программного обеспечения, фильтрации или подмены данных. В статье уделено внимание проблемам в области правового регулирования 3D-документов, в том числе виртуальных глобусов, а также вопросам ответственности пользователя за возможные последствия своих действий в виртуальных моделях и технологическим сложностям в обеспечении комфортной работы с 3D-моделями в стереорежиме. Как следствие, по мнению автора, двумерные картографические продукты, в том числе традиционные карты, по-прежнему остаются предпочтительными для большинства пользователей, хотя и создаются теперь на основе трехмерных цифровых моделей. Перспективы дальнейшего развития и применения цифровых 3D-моделей реальности зависят не только от совершенствования технологий, но и от формирования новых привычек в работе с информацией.

ТРАДИЦИОННЫЕ карты и глобусы известны не одну тысячу лет. При всех своих достоинствах, они обладают рядом общеизвестных недостатков. Глобус может иметь только мелкий масштаб, возможности измерений на нем ограничены. Топографическая карта показывает лишь один участок земной поверхности, вырванный из контекста окружающей территории; географическая карта неизбежно имеет картографические искажения, возрастающие с уменьшением масштаба карты и обусловленные использованием картографических проекций. Поверхность глобусов и карт двумерна; третье измерение (высоту, глубину) на ней отображают условно, например, посредством изолиний и/или цветовых карт. Также условно, с помощью двумерных символов, на поверхности карт и глобусов отображают различные трехмерные объекты и процессы. Изображение на поверхности карты или глобуса всегда статично, а объем данных и их пространственная точность ограничены плотностью символов на поверхности, при которой они еще могут восприниматься пользователем.

Все эти ограничения преодолены в виртуальных (цифровых) глобусах, которые активно развиваются с 2000-х годов¹². Виртуальный глобус — это цифровая трехмерная (3D) модель Земли, которая хранится в памяти компьютера или на серверах дата-центров. Любой фрагмент виртуального глобуса может быть отображен на экране практически в любом требуемом масштабе, вплоть до элементов зданий и сооружений с характерными размерами 1 см и менее, в том числе в стереорежиме.

Появление виртуальных глобусов, и в первую очередь наиболее показательного их примера — геосервиса *Google Earth*, запущенного в 2005 году — вероятно, основано на концепции Цифро-

1. Бобков А. Е. Интерактивная визуализация 3D-данных на виртуальном глобусе в стереоскопических системах. Дисс. ... канд. тех. наук: 05.01.01. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2013.
2. Бобков А. Е., Леонов А. В. Виртуальный глобус: история и современность // Научная визуализация. 2017. № 2. С. 49–63.

вой Земли, провозглашенной Альбертом Гором в 1992³ и в 1998⁴ годах. Цифровая Земля была предложена и описана им как качественно новая среда для представления глобальной обстановки, которая обладает свойствами трехмерности и мультимасштабности, возможностью произвольного выбора ракурса, и позволяет воспринимать информацию с недостижимыми для классических картографических продуктов скоростью и эффективностью. Известно, впрочем, что «волшебные глобусы», предвосхищающие концепцию будущей Цифровой Земли, описывались в литературе задолго до работ Гора⁵. Разработка мировоззренческих, научных и технических аспектов Цифровой Земли с 2006 года ведется Международным обществом Цифровой Земли (*International Society for Digital Earth, ISDE*), в деятельности которого активное участие принимают и российские исследователи⁶⁷.

Широкое развитие виртуальных глобусов и цифровых карт началось благодаря нескольким технологиям:

1) Запуск коммерческих спутников с высоким пространственным разрешением. Это позволило получить спутниковое покрытие практически всей территории Земли с высокой детализацией. Именно спутниковые данные высокого разрешения стали той основой, на которой создаются современные цифровые карты и виртуальные глобусы.

2) Рост скорости передачи данных в сетях связи. Это позволило пользователям получать большие объемы данных, необходимые для виртуального глобуса или цифровой карты, в реальном времени с серверов в интернете. Только благодаря этому виртуальные глобусы и цифровые карты получили широкое распространение и легли в основу массовых коммерческих сервисов, что в свою очередь обеспечило значительные инвестиции в их дальнейшее развитие.

3. Gore A. *Earth in the Balance: Ecology and the Human Spirit*. Boston: Houghton Mifflin, 1992.
4. *Idem*. The Digital Earth: Understanding Our Planet in the 21st Century. Speech given at the California Science Center, Los Angeles, California, on January 31, 1998 // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. May 1999. Vol. 65. № 5. P. 528–530.
5. Ерёмченко Е. Н. Предыстория концепции Цифровой Земли // *Геоконтекст*. 2019. № 1. Т. 7. С. 44–53.
6. Ерёмченко Е. Н., Тикунов В. С. Голографические возможности визуализации в географии // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2016. № 2. С. 22–29.
7. Baturin Y. M. et al. 3D-Document and Digital Earth // *CEUR Workshop Proceedings*. 2019. Vol. 2485. P. 155–158.

3) Появление видеокарт, оснащенных графическими процессорами (*GPU*). *GPU* позволил разгрузить центральный процессор и ускорить работу с полигональными 3*D*-моделями, что дало возможность отображать 3*D*-модели высокого разрешения на экране пользователя.

Технологическое развитие позволило внедрять на виртуальный глобус трехмерные модели рельефа (как отдельных территорий, так и всей Земли в целом), а также объединять на одном виртуальном глобусе несколько 3*D*-моделей территории с разной степенью детализации, построенных разными методами. Например, модель обширной территории (или всей Земли в целом), построенная по данным спутниковой съемки, может быть дополнена более детальными моделями отдельных участков местности, построенными по данным аэрофотосъемки или наземного лазерного сканирования.

Естественным этапом развития виртуальных глобусов стало размещение на их поверхности 3*D*-моделей различных объектов и процессов. Для создания метрически точных крупномасштабных цифровых моделей рельефа и 3*D*-моделей реальных объектов (например, зданий и сооружений) применяют лазерное сканирование, фотограмметрию, ручное моделирование по чертежам и фотографиям. Для точной привязки 3*D*-моделей к местности используют методы наземной геодезии.

Например, в Институте истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова Российской академии наук (ИИЕТ РАН) были выполнены работы по моделированию Шуховской радиобашни на Шаболовке, электроподстанции «Абакан-Районная», территории Долины гейзеров на Камчатке. Детальные и метрически точные 3*D*-модели рукотворных объектов и природных ландшафтов были созданы с применением методов лазерного сканирования, спутниковой и аэрофотосъемки, и затем внедрены на виртуальный глобус с высокой точностью привязки.

Дальнейшее развитие технологий позволило отображать на виртуальном глобусе объекты, расположенные под землей, в том числе на больших глубинах, а также над землей — в том числе, в околоземном пространстве. Так, в ИИЕТ РАН были выполнены работы по моделированию и представлению на виртуальном глобусе Денисовой пещеры на Алтае, геофизических данных (включая сейсмические события на глубинах до 1000 км), орбит космических аппаратов (на расстояниях вплоть до геостационарных орбит), рис. 1–6.

Для повышения реалистичности визуализации далеко не всегда требуются метрически точные модели реальных объектов. Например, деревья и трава в лесу могут быть показаны условно. Потребности в улучшении качества визуализации привели к развитию технологий процедурной генерации⁸, когда 2D- и 3D-объекты и текстуры генерируются компьютером «на лету»⁹ непосредственно в процессе работы программного обеспечения на компьютере пользователя¹⁰. Степень детализации при этом можно варьировать в зависимости от производительности аппаратного обеспечения.

С использованием методов процедурной генерации можно сделать грубый рельеф более подробным и детальным (например, добавив неровности рельефа, скалы и т. п.), разместить на поверхности земли реалистичные модели растительности, сгенерировать 3D-модели зданий на основе их двумерных изображений на спутниковых снимках и т. д. Некоторые из таких объектов должны быть точно размещены на подстилающем рельефе (здания), для других не требуется даже точность размещения (растительность). Процедурная генерация позволяет обеспечить впечатляющий визуальный реализм территории на поверхности виртуального глобуса¹¹.

Цифровые картографические приложения, основанные на описанных выше технологиях, по мере их развития все сильнее отличались от традиционных карт и глобусов. Произошел переход от статичной двумерной карты или поверхности глобуса к трехмерной интерактивной цифровой модели Земли и околоземного пространства, территорий, объектов и процессов. Эта 3D-модель зачастую выступает также в роли интуитивного интерфейса для взаимодействия пользователя с массивами слабоструктурированных данных, связанных с этой 3D-моделью. Например, любой объект на цифровой карте или виртуальном глобусе может являться интерактивной гиперссылкой, ведущей на подробное описание этого объекта, аудио- или видеофайл, сторонний веб-сайт и т. д. При этом, как и традиционная кар-

8. Иногда также употребляют термин «процедурная реконструкция».

9. То есть, они не являются результатом съемки реальных объектов, а генерируются программой по определенным правилам, обеспечивающим визуальный реализм.

10. Бобков А. Е., Леонов А. В. Процедурная реконструкция территорий на виртуальном глобусе // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2015. № 11. С. 10–17.

11. См. примеры на сайте: <https://outerra.com/>.

та или глобус, такая цифровая модель частично отражает объективные характеристики реальности, частично представляет реальность в символическом виде, а частично не имеет с реальностью ничего общего.

К объективным характеристикам относятся, например, метрические параметры, форма рельефа, тип и расположение объектов. В символическом виде часто бывает представлен внешний вид территории, растительность, визуализация процессов под землей и в околоземном пространстве, а также элементы управления 3D-моделью и ее отдельными элементами (например, иконка для вызова гиперссылки). Наконец, так же, как и карта, цифровая модель соответствует определенному времени (или набору времен — см. ниже), соответственно, какие-то ее части и элементы могут устареть и не отражать актуального состояния территории и объектов.

Рассмотрим основные свойства интерактивных цифровых моделей и интерфейсов, основанных на 3D-моделях территорий и Земли в целом (виртуальных глобусах). Не останавливаясь на типовых свойствах практически любых современных компьютерных приложений, таких как мультимедийность и интерактивность, отметим наиболее характерные признаки именно виртуальных глобусов и приложений на их основе.

1. *Мультимасштабность*. В рамках одной модели могут сочетаться модели территорий, объектов и процессов самых разных масштабов. Как было показано выше на конкретных примерах, в рамках одного и того же виртуального глобуса могут демонстрироваться как модели зданий и сооружений с пространственным разрешением до единиц миллиметров, так и геостационарные орбиты с характерным диаметром около 70 тысяч км. Разница линейных размеров этих объектов составляет не менее 10 порядков.

2. *Мультизадачность*. Техническая сложность создания 3D-моделей и разработки программного обеспечения, дорогостоящие исходные данные и мультимасштабность определяют многоцелевой характер приложений на основе виртуального глобуса. Одна и та же основа (как спутниковые данные, используемые для формирования виртуального глобуса и отдельных территорий на нем, так и программная оболочка, обеспечивающая взаимодействие пользователя с моделью) может переиспользоваться для разных задач и разных пользователей. Как правило, модель содержит разнородные слои данных, которые могут отбраживаться в разных комбинациях в зависимости от потребностей

пользователя, в том числе с разными вариантами разграничения доступа либо в форме предварительной адаптации модели к потребностям конкретного заказчика.

3. *Мультитемпоральность*. Важным свойством виртуальных моделей территорий является отображение моделей объектов, которые относятся к разным временным периодам. Например, в модели могут одновременно отображаться спутниковые данные с разными датами съемки, 3D-модели зданий и сооружений, относящиеся к разным периодам времени, явления и процессы, усредненные за некоторый период времени и т. п. Модель в целом, таким образом, часто не может быть отнесена к какому-то конкретному периоду времени, и должна рассматриваться как мультитемпоральный объект, не соответствующий никакому конкретному времени в реальности.

Основные отличительные характеристики виртуальных глобусов и карт, описанные выше, определяют целый ряд проблем, связанных с их созданием и использованием, далеко не все из которых имеют на сегодняшний день удовлетворительное решение. Перечислим те из них, которые представляются нам наиболее актуальными.

1. В задаче формирования виртуальных моделей ключевой проблемой представляется их *своевременное обновление*. В реальности, с течением времени меняется ландшафт (как городской, так и природный), строятся и разрушаются здания и сооружения, меняется внешний вид территории. Чем выше метрическая точность модели, тем быстрее становятся заметны ее отличия от изменившейся реальности. Отслеживание этих изменений, актуализация модели либо маркировка отличий — одна из критичных проблем для разработчика. Если обновление информации на традиционной бумажной карте невозможно, и его никто не ожидает — то пользователь цифровой 3D-модели ожидает ее своевременного обновления и актуализации, именно потому, что это технически возможно. Соответственно, автор (разработчик) обязан учитывать эти ожидания и отвечать на них: либо своевременно обновляя модель, либо отслеживая появляющиеся расхождения с реальностью и маркируя их в модели.

2. Мультизадачность, возможность наполнения виртуального глобуса огромным количеством информации и свободного интерактивного взаимодействия с ним определяют ключевую *проблему организации взаимодействия пользователя с моделью*: отбрасывание лишней информации, формирование «угла зрения» (как в прямом, так и в переносном смысле). Работа с традицион-

ной картой требует от пользователя формирования запроса только в процессе выбора карты; выбрав карту, пользователь более не имеет свободы в выборе отображаемой информации. Работа с 3D-моделью требует от пользователя постоянного (пере)формирования и уточнения запроса непосредственно в процессе взаимодействия. Разработчик, соответственно, должен предоставить пользователю удобный инструментарий для этого. На практике, разработчик должен предугадывать сценарии использования модели, которые могут понадобиться пользователю, и заранее адаптировать интерфейс взаимодействия к этим сценариям. С одной стороны, это ограничивает свободу пользователя, с другой — дает возможность пользователю получать необходимую информацию интуитивно (если разработчик сформировал сценарий, соответствующий потребностям пользователя).

3. Современные технологии позволяют установить взаимосвязи между виртуальной 3D-моделью и реальным миром, передавая информационные потоки от реальных объектов в модель и, напротив, из модели к реальным объектам. Первый тип информационных потоков приводит к *проблеме скрытого сбора данных*, второй — к еще более опасной *проблеме безответственного воздействия пользователя 3D-модели на реальный мир*.

3.1. В первом случае, говорят об особом типе виртуальной реальности — индуцированной реальности¹² (например, когда параметры виртуальной модели изменяются на основе информации, поступающей с реальных датчиков). Одно из развивающихся применений индуцированной реальности — «цифровая тень», то есть виртуальная модель, отражающая все изменения, происходящие с реальным объектом в ходе эксплуатации (например, «цифровая тень» авиалайнера, станка или турбины). Массовое применение дешевых датчиков, в том числе подключенных к скоростным беспроводным сетям связи нового поколения (5G и др.), вероятно в какой-то степени может помочь решению проблемы актуализации модели.

Можно предположить, что персональные электронные устройства и встроенные в них камеры будут в будущем использоваться как огромный распределенный массив датчиков. Данные геопозиционирования, фото- и видеосъемки, добровольно (или скрытно) отправляемые в сеть с персональных устройств, могут агрегироваться и обрабатываться для постоянного уточнения 3D-моделей

12. От понятия «индуцировать» — передавать воздействие без прямого контакта с физическим телом.

рельефа и объектов. От пользователя, вероятно, потребуется лишь однажды поставить где-то галочку «Разрешаю использовать данные со своего смартфона для уточнения виртуальных глобусов». Идея массового использования современных гаджетов для сбора информации, в том числе в игровой форме, достаточно очевидна — но сбор некоторых данных может осуществляться без уведомления пользователя как о самом факте сбора, так и о дальнейшем применении полученных данных.

3.2. Во втором случае, модель по сути используется как трехмерный интерфейс системы управления, когда воздействие пользователя на элементы виртуальной модели транслируется в форме управляющих воздействий на объекты реального мира (как у оператора беспилотника). Действительно, если 3D-модель может использоваться (и широко используется) как визуально понятный, интуитивный 3D-интерфейс к базам данных и массивам слабоструктурированной информации — то почему бы не использовать ее и как интерфейс управления объектами реального мира? Применительно к виртуальному глобусу, такими объектами управления могут быть, например, объекты транспортной инфраструктуры, сети связи, промышленные комплексы и другие крупные, территориально распределенные объекты и связанные с ними процессы, удобство визуализации которых на виртуальном глобусе по сравнению с традиционными формами представления наиболее очевидно. Кажущаяся легкость установления таких взаимосвязей между моделью и реальными объектами в какой-то мере «провоцирует» разработчиков и заказчиков работ, однако таит в себе фундаментальные проблемы. Передача управляющих воздействий из модели на реальные объекты требует четкой регламентации работ, и прежде всего разграничения ответственности за возможные последствия этих действий. Ключевая проблема использования виртуальной модели как интерфейса системы управления реальными объектами — необходимость обеспечить четкое различие оператором игры и реальности, и осознание им в полной мере последствий (в том числе юридических) своих действий. Для поколения, воспитанного на компьютерных играх, это представляется критически важным.

4. Использование технологий процедурной генерации, наполнение модели элементами, не имеющими отношения к реальности, с целью повышения визуальной реалистичности определяет еще одну ключевую проблему — *проблему различения пользователем объективной (документальной) информации и визуальных*

эффектов. Смещение в одной виртуальной реальности объектов трех типов (3D-моделей реальных объектов, символов реальных объектов и объектов, не существующих в действительности) открывает широкие возможности манипуляции сознанием. Например, внешний вид зданий и городской инфраструктуры, облик и поведение аватаров (интерактивных 3D-моделей людей, имитирующих население) в виртуальной модели города может варьироваться в широких пределах, вызывая различную эмоциональную реакцию пользователя. Любая гражданская промышленная зона может быть представлена на виртуальном глобусе в виде реалистичной 3D-модели военного объекта, и вряд ли обыватель различит подмену даже при наличии подлинного спутникового снимка. Одним из способов решения данной проблемы могла бы быть маркировка элементов различного статуса, но это неизбежно снизит степень погружения в виртуальную модель. Здесь разработчику приходится искать баланс между визуальной реалистичностью и привлекательностью, которые особенно важны для образовательных и обучающих приложений, и необходимостью доносить достоверную, не искаженную информации о реальности.

5. Нерешенной технической проблемой по-прежнему остается комфортное стереоскопическое представление трехмерных моделей, в том числе виртуального глобуса. В начале 2010-х годов все ведущие производители начали выпуск 3D-телевизоров и мониторов, и казалось, что через несколько лет они полностью заменят обычные экраны — так же, как в свое время цветные телевизоры заменили черно-белые, а плоские экраны пришли на смену мониторам и телевизорам на основе электронно-лучевых трубок. Однако последний бум 3D-мониторов полностью сошел на нет к 2017 году. На сегодняшний день, 3D-телевизоры и мониторы занимают узкую нишу специальных применений, а массовый рынок озабочен совсем другими параметрами — высокой четкостью и расширенным цветовым диапазоном 2D-экранов. Причина в том, что даже самые современные технические средства не могут обеспечить достаточный комфорт для массового применения пользователями стереорежима (когда пользователь видит разными глазами два разных изображения, сгенерированных компьютером). Мелкие задержки в отслеживании и обработке движений головы и глаз пользователя, рассинхронизация между двумя компонентами стереоизображения, сужение цветового диапазона при использовании дополнительных фильтров (очков) и другие технические проблемы делают

работу в стереорежиме, в среднем, заметно более дискомфортной, чем в 2D. Это относится и к виртуальным глобусам, для которых 3D-режим сегодня зачастую является опцией, а не основным режимом (не говоря уже о режиме стерео-3D, который может и вовсе отсутствовать).

Помимо технологических проблем, описанных выше, широкое применение виртуальных трехмерных моделей Земли и отдельных территорий сдерживается неготовностью инфраструктуры, обеспечивающей работу с такими документами (архивов, систем электронного документооборота) и неразвитой нормативно-правовой базой.

Трехмерные модели Земли, отдельных территорий и объектов могут рассматриваться как новый тип документа — 3D-документ¹³. Как и любые другие документы, 3D-документы (по крайней мере, наиболее важные из них) должны поступать на хранение в государственные, муниципальные и ведомственные архивы. К сожалению, необходимость архивного хранения трехмерных данных как нового типа документации пока не осознается в полной мере. Создаваемые в ходе различных работ 3D-модели территорий часто воспринимаются как промежуточный этап достижения основной задачи (построения чертежей, выполнения расчетов и т. п.), либо вообще как игрушка. Понимание ценности полученной трехмерной информации как исторического документа часто отсутствует. Нередка ситуация, когда исполнитель работ по 3D-моделированию после выполнения работ удаляет исходные данные, так как они занимают много места. А заказчик работ не включает в техническое задание требование о передаче исходных данных, потому что не разбирается в технологии работ и не подозревает об их существовании, либо не видит в них практической ценности, либо не имеет программного обеспечения и специалистов для работы с таким типом трехмерных данных. Архивы зачастую также не имеют соответствующих специалистов и технических средств для хранения объемных трехмерных данных и представления их пользователям. Из-за неготовности архивов работать с трехмерными данными большого объема, ценная трехмерная информация о рельефе и облике территорий, геометрии зданий и сооружений часто теряется, не сохраняется для будущих поколений.

13. Леонов А. В., Батулин Ю. М. 3D-документ — новый тип научно-технической документации // Вестник архивиста. 2013. № 2. С. 192–205.

Правовой режим 3D-документов, в том числе виртуальных трехмерных моделей Земли и территорий, представляет собой слабо разработанную проблему¹⁴. Нормативно-правовая база в этой области сильно запаздывает по отношению к техническому прогрессу. Впервые в России 3D-документ был официально передан в государственный архив в 2013 году, однако до сих пор в российском законодательстве об архивном деле нет упоминания о 3D-документах. Сложность формализации правового режима трехмерных документов во многом обусловлена его многослойностью, которая в свою очередь является следствием сложной структуры 3D-документа. 3D-документ может объединять элементы с разными правовыми режимами: первичные данные, 3D-модели, связанные с ними данные (в том числе из внешних источников), программное обеспечение разных типов. Интеллектуальные права на все эти элементы могут принадлежать частным лицам или организациям, как российским, так и зарубежным. Объединение столь разнородных элементов в едином продукте существенно затрудняет четкую формализацию его правового режима.

Заключение

Появление систем электронного документооборота не привело к отказу от бумажных документов. Электронные документы широко вошли в практику самых разных организаций и учреждений, но применяются не вместо бумажных документов, а вместе с ними. Электронное книгоиздательство не привело к отказу от бумажных книг; напротив, тиражи бумажных книг растут — как, впрочем, и тиражи электронных изданий. Электронная подпись, доступная технически уже не один десяток лет, до сих пор является экзотикой для большинства людей — хотя и применяется повсеместно при обмене информацией между сетевыми устройствами. Эти примеры можно продолжать и далее. Желание людей работать с информацией в традиционном (бумажном) виде основа-

14. Батури́н Ю. М. Правовой режим 3D-документа // Право и информация: вопросы теории и практики. Сборник материалов международной научно-практической конференции. СПб.: Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина, 2015. С. 27–34; Zakharova M. Legal Issues of Creation and Use of 3D-documents in Russian Federation // Proceedings of 2019 International Workshop on Engineering Technologies and Computer Science (EnT). 2019. P. 85–86; Батури́н Ю. М., Леонов А. В. К вопросу о правовом режиме 3D-документа // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 32. С. 1138–1155.

но на глубинном недоверии к электронной информации, которая в любой момент может быть удалена, изменена, ограничена в доступности и т. п. Привычки людей, особенности восприятия информации не успевают меняться в соответствии с теми возможностями, которые предоставляет стремительное развитие технологий.

Виртуальные глобусы и карты, как один из видов электронной информации, не являются исключением. Огромные технические преимущества, которыми обладают электронные карты и глобусы, имеют свою оборотную сторону — размытый статус и источники данных, избыточность информации, неопределенность ответственности, и как следствие — легкость манипуляции информацией и восприятием пользователя. На текущем этапе развития двумерная форма представления картографической информации по-прежнему остается более удобной для большинства пользователей, хотя двумерные карты и схемы генерируются теперь из трехмерных цифровых моделей и связанных с ними баз данных. Массовое использование виртуальных моделей Земли в стерео-3D режиме, погружение пользователей в «виртуальную реальность» трехмерных цифровых глобусов и моделей территорий, использование их в качестве трехмерного интерфейса доступа к базам данных остается перспективой будущего. Для этого необходимо не только дальнейшее развитие технологий, но и формирование новых привычек к работе с информацией, прежде всего у того поколения, которое сегодня сидит за школьной скамьей.

Иллюстрации

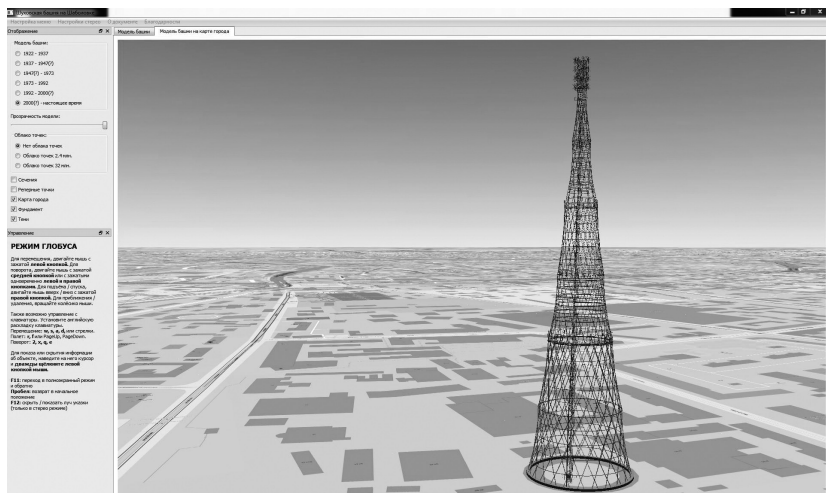


Рис. 1. Интерактивная визуализация 3D-моделей Шуховской башни на Шаболовке на основе *OpenSceneGraph*. Демонстрация полигональной 3D-модели в привязке к геопространственной основе (карта *Open Street Map*). Программа для ЭВМ «Программа визуализации 3D-моделей Шуховской башни на Шаболовке» (Александр Бобков, Андрей Леонов).



Рис. 2. Визуализация зон электробезопасности. Опасные зоны смоделированы и визуализированы как полупрозрачные трубки вокруг проводников (токоведущих проводов). Опасные зоны для рабочих окрашены в красный цвет, для техники — в синий (не показаны на рисунке). Интерактивная 3D-модель подстанции 220 кВ «Абакан-Районная» (Михаил Аникушкин, Александр Бобков, Андрей Леонов и др.).



Рис. 3. Пример визуализации природной территории со сложным рельефом на виртуальном глобусе (Долина гейзеров на Камчатке). Метки показывают положение объектов, при нажатии на метку открывается описание из каталога объектов. Интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» (Александр Алейников, Александр Бобков, Андрей Леонов и др.).

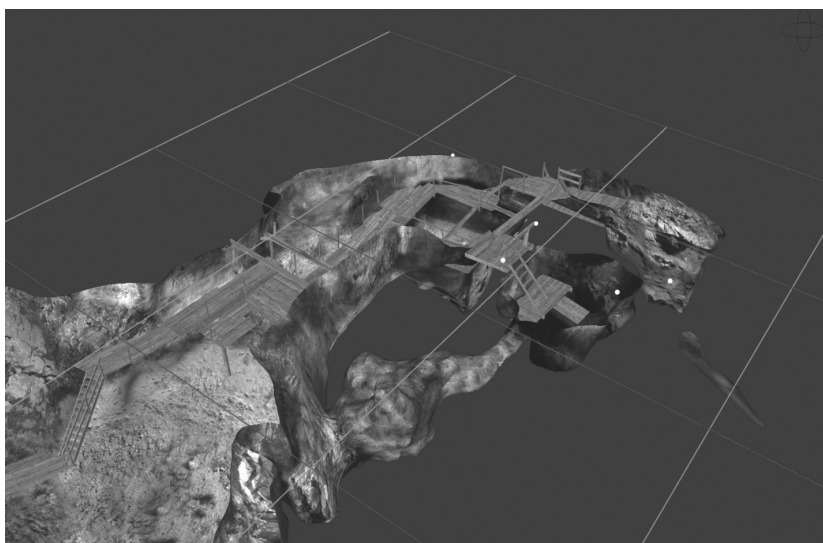


Рис. 4. Визуализация 3D-модели Денисовой пещеры и части окружающего рельефа (поверхности земли). Показан срез 3D-модели на уровне 0 м в локальной системе координат с наложением координатной сетки (шаг сетки 10 м). Программа для ЭВМ «Программа визуализации 3D-моделей Денисовой пещеры на Алтае» (Александр Бобков, Андрей Леонов).

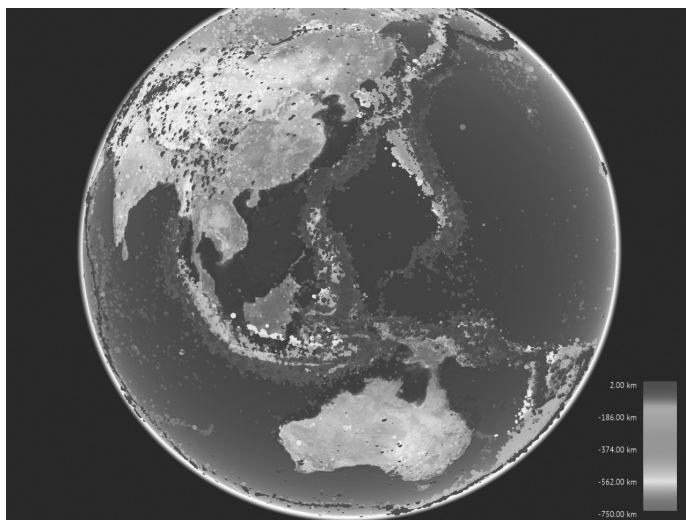


Рис. 5. Мировой каталог сейсмических событий *USGS* за 1900–2011 годы по данным *USGS* в редакции Александра Ландера (МИТП РАН). Программа для ЭВМ «Программа визуализации геофизических данных и 3D-моделей на основе полупрозрачного виртуального глобуса».

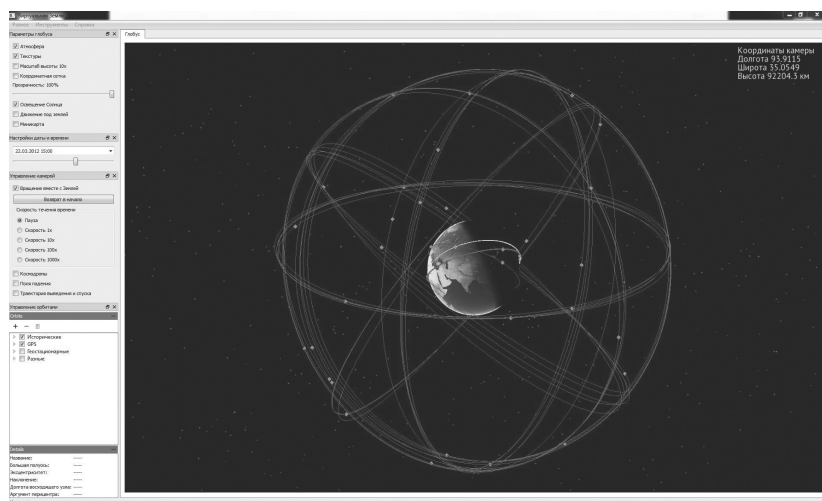


Рис. 6. Визуализация орбит группировки спутников *GPS* с использованием виртуального глобуса на основе *osgEarth*. Программа для ЭВМ «Программа визуализации 3D-моделей орбит космических полетов на основе виртуального глобуса» (Александр Бобков, Андрей Леонов).

Библиография

- Батурин Ю. М. Правовой режим 3D-документа // Право и информация: вопросы теории и практики. Сборник материалов международной научно-практической конференции. СПб.: Президентская библиотека им. Б. Н. Ельцина, 2015. С. 27–34.
- Батурин Ю. М., Леонов А. В. К вопросу о правовом режиме 3D-документа // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 32. С. 1138–1155.
- Бобков А. Е. Интерактивная визуализация 3D-данных на виртуальном глобусе в стереоскопических системах. Дисс. ... канд. тех. наук: 05.01.01. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2013.
- Бобков А. Е., Леонов А. В. Виртуальный глобус: история и современность // Научная визуализация. 2017. № 2. С. 49–63.
- Бобков А. Е., Леонов А. В. Процедурная реконструкция территорий на виртуальном глобусе // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2015. № 11. С. 10–17.
- Ерёмченко Е. Н. Предыстория концепции Цифровой Земли // Геоконтекст. 2019. № 1. Т. 7. С. 44–53.
- Ерёмченко Е. Н., Тикуннов В. С. Голографические возможности визуализации в географии // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2016. № 2. С. 22–29.
- Леонов А. В., Батурин Ю. М. 3D-документ — новый тип научно-технической документации // Вестник архивиста. 2013. № 2. С. 192–205.
- Baturin Y. M., Eremchenko E. N., Zakharova M. I. 3D-Document and Digital Earth // *CEUR Workshop Proceedings*. 2019. Vol. 2485. P. 155–158.
- Gore A. *Earth in the Balance: Ecology and the Human Spirit*. Boston: Houghton Mifflin, 1992.
- Gore A. The Digital Earth: Understanding Our Planet in the 21st Century. Speech given at the California Science Center, Los Angeles, California, on January 31, 1998 // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. May 1999. Vol. 65. № 5. P. 528–530.
- Zakharova M. Legal Issues of Creation and Use of 3D-documents in Russian Federation // *Proceedings of 2019 International Workshop on Engineering Technologies and Computer Science (EnT)*. 2019. P. 85–86.

FROM MAP TO 3D DIGITAL MODEL OF REALITY... AND BACK TO MAP

ANDREY LEONOV. Independent scholar, Moscow, Russia,
andrey.v.leonov@yandex.ru.

Keywords: virtual globe; digital map; 3D document; characteristic features; actual problems; development forecast.

The article considers the evolution of digital maps and virtual globes and current issues associated with their creation and use. The author shows that as technology has evolved, digital cartographic applications have become increasingly different from traditional maps and globes, becoming essentially three-dimensional interactive digital models of the Earth and near-Earth space, territories, objects and processes. These models often also act as an interface for interacting with large volumes of poorly structured data. Characteristic new qualities of such 3D models of the Earth (virtual globes), according to the author, are multiscale, multitasking and multitemporality.

Analyzing the features of modern digital cartographic applications, the author highlights the key problems and potential risks associated with their creation and use. These include, first of all, the issues of data status in virtual worlds and trust in them; control of information flows between digital models and the real world; manipulation of user perception through software algorithm settings, data filtering or spoofing. The article focuses on the issues in legal regulation of 3D documents, including virtual globes, as well as issues of user responsibility for the possible consequences of their actions in the virtual models and technological difficulties in providing a comfortable work with 3D models in stereo mode. As a consequence, according to the author, two-dimensional mapping products, including traditional maps, are still preferred by most users, although they are now created on the basis of three-dimensional digital models. Prospects for further development and application of digital 3D reality models depend not only on the improvement of technology, but also on the formation of new habits of working with information.

DOI: 10.17323/0869-5377-2023-1-203-219