

УДК 003.62+912.64+004.93+535.39(81)

Е.Н. Еремченко¹, В.С. Тикунов²

ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ГЕОГРАФИИ

Термин «голография» используется для обозначения: 1) метода получения трехмерного изображения объекта и 2) предельно эффективного способа визуализации. С голографией как техникой визуализации, которая станет доступной в далеком будущем, связаны наибольшие ожидания, а суть ее кажется самоочевидной и неоднократно описывалась в литературе – достаточным признаком голографического метода является бесшовная интерактивная визуализация вида объекта под любыми произвольными ракурсами просмотра. Соответственно голографическая модель должна содержать в себе полную и точную информацию, необходимую для фиксации вида объекта с различных возможных точек наблюдения.

Однако возможность «голографической» визуализации объектов с разных ракурсов уже внедрена в системы 3D-визуализации. Более того, в геосервисе Google Earth, появившемся в 2005 г., многоракурсность сочетается с естественно дополняющей ее многомасштабностью. Таким образом, такую технику визуализации можно рассматривать как особый «сверхголографический» режим визуализации, превосходящий голографический режим по своим функциональным возможностям.

В работе дается сравнительный анализ обычной голографии и «сверхголографии». характеризуется модель эволюции научной визуализации и картографии. Обсуждается перспектива междисциплинарных исследований в рассматриваемой области, в том числе с привлечением семиотического инструментария.

Ключевые слова: научная визуализация, цифровая Земля, картография, голография.

Введение. Под голографией понимают, с одной стороны, метод получения трехмерного образа объекта, позволяющий в дальнейшем восстанавливать его облик, с другой – «идеальный» метод объемной визуализации, достигшей в своем развитии мыслимых пределов совершенства. Наибольшие ожидания связаны именно с голографией как методом визуализации. Его идея самоочевидна и многократно описана в литературе – достаточным признаком голографического режима визуализации можно считать обеспечение многоракурсности, позволяющей пользователю произвольно, в интерактивном режиме и плавно менять ракурс просмотра, наблюдая при этом уникальный для каждого ракурса вид объекта. Голографическая модель должна хранить в себе полную и достоверную информацию, достаточную для восстановления ее разноркурсных видов из некоторой ограниченной области просмотра, т.е. обладать свойствами как минимум ограниченной трехмерности.

Однако режим многоракурсности именно в его «голографическом» виде давно реализован в системах 3D-визуализации, а в появившемся в 2005 г. геосервисе Google Earth была достигнута на практике не только многоракурсность, но и естественно дополняющая ее и комплиментарная к ней многомасштабность, не реализуемая с помощью обычных голограмм; подобный режим визуализации, в котором многоракурсность сочетается с многомасштабностью, можно назвать сверхголографическим, в отличие от голографического, для которого требуется лишь ог-

раниченная многоракурсность. Поэтому концепцию, воплощенную в геосервисах класса Google Earth, можно рассматривать как особый, превосходящий по своим возможностям обычную голографию режим визуализации с большим потенциалом развития.

Сравнительно проанализированы свойства классических аналоговых и цифровых голограмм, обсуждаются факторы, способствующие эволюции научных методов как визуализации, так и картографии, а также обсуждаются перспективы междисциплинарных исследований этой проблемы, в том числе с привлечением инструментария семиотики.

Материалы и методы исследований. Широко распространено мнение о голографии как о предельно эффективном методе визуализации и, в некотором смысле, конечной цели развития систем отображения информации вообще. Использование голографического метода было предвосхищено еще до открытия голографии в работе [Ефремов, 1945], причем уже здесь речь шла именно о геопространственной визуализации. Рассмотрим смысл, вкладываемый в это понятие.

Термин голография (от др.-греч. ὅλος – полный + γράφω – пишу) был предложен для обозначения методики, позволяющей создавать с помощью фотогографического процесса интерактивные, истинно трехмерные образы, так называемые голограммы, и реализовывать с их помощью на практике прежде недостижимый эффект многоракурсности, дающий возможность наблюдателю взглянуть на отображаемое с разных сторон, а в идеале – с любого произ-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Центр мировой системы данных по географии, науч. с.; e-mail: eugene.eremchenko@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория комплексного картографирования, заведующий, докт. геогр. н.; e-mail: tikunov@geogr.msu.ru

вольного ракурса. Иными словами, речь шла о возможности одномоментной фиксации на материальный носитель (голограмму) целостного, истинно трехмерного облика объекта, заключающего в себе его вид со всех ракурсов в пределах некоторой области, и впоследствии восстановления с помощью этого носителя вида с любого произвольного ракурса с интерактивным его выбором в реальном масштабе времени. Термин «голография» введен в научный оборот в конце 1940-х гг. Д. Габором [Johnston, 2006], который получил за открытие голографического метода Нобелевскую премию по физике. Однако сама идея голографии как средства визуализации настолько глубоко отражала потребность в более универсальном, чем фотография, методе визуализации, что ее появление неоднократно предсказано в литературе еще до практической реализации в 1960-х гг. Это стало возможно с появлением лазеров – удобных в использовании когерентных источников электромагнитного излучения. В наше время голография уже относительно массово применяется на практике, хотя и в весьма ограниченном перечне областей, в частности, для маркировки продукции, документов и банкнот, для демонстрации уникальных произведений искусства (скорее, для демонстрации технической возможности такой демонстрации) и т.д. В научной визуализации голография практически не используется, что связано со сложностью получения голограмм и их недостаточным качеством (пространственным и спектральным разрешением, поддерживаемой областью просмотра и т.д.). Тем более это касается географии, которая нуждается во все более совершенных средствах визуализации, но уже сегодня использует средства визуализации с более высокими характеристиками. Вместе с тем применение голограмм в географии считается перспективным, а гипотетические в этом качестве голографические геоинформационные системы неоднократно упоминаются в литературе в качестве горизонта развития отрасли, достижение которого – дело будущего.

Однако термин «голография» двойствен и подразумевает не только особый режим визуализации, но и особый режим съемки, и в определениях голографии очевидный акцент делается на второе в ущерб первому. Термин трактуется в основном не через совокупность свойств, отличающих голографию от других методов воссоздания образов, но через практическую технологию, используемую для построения голограмм. Так, в толковом словаре Ожегова приводится следующее определение голографии: «Получение объемного изображения, основанное на взаимном действии (наложении друг на друга) световых волн» [Ожегов, 2007]. В Большой советской энциклопедии она определяется как «метод получения объемного изображения объекта, основанный на интерференции волн» [БСЭ, 1970]. Англоязычная Википедия определяет голографию следующим образом: «Наука и практика изготовления голограмм», причем не упоминаются наука и практика их последующего использования, визуализации; при этом

сама голограмма в той же статье определяется как «фотографическая запись волновой картины методом, отличным от формирования изображения посредством объектива, и используемая для отображения истинно трехмерного образа голографируемого объекта, который может наблюдаться без помощи специальных очков или иной опосредующей оптики», т.е. не через собственные характеристики голограммы и не через ее возможности, но исключительно через метод, используемый для их достижения [Holography, 2016]. Эти определения ограничивают феномен интерактивной трехмерной визуализации рамками одной строго определенной технологии их получения. Кроме того, сам феномен голографии они трактуют лишь иносказательно, не определяя в явной форме особенности голографической визуализации как таковой.

Подобные определения, характеризующие явление не через его свойства, а через технические средства и методики, используемые для достижения этих свойств, лишь косвенно описывают сам определяемый феномен, ограничены реалиями текущего технологического ландшафта и неизбежно потребуют уточнения или пересмотра по мере развития науки и техники. Поэтому попытаемся уточнить и скорректировать предварительное определение голографической визуализации: *голография – метод визуализации, обеспечивающий режим непрерывной интерактивной многоакурсности.*

Результаты исследований и их обсуждение. Но если исходить из такого определения, окажется, что голография уже реализована на практике. Очевидно, что такому определению соответствует трехмерная визуализация, широко используемая сегодня в разных предметных областях, например, в системах автоматизированного проектирования (САПР). Очаговая трехмерная визуализация пространственных объектов также может быть обеспечена аналогичными средствами 3D-графики. Но с появлением в 2005 г. геосервиса Google Earth появилась возможность полноценной реализации режима многоакурсности в глобальном географическом контексте за счет многомасштабности. Google Earth – первый и наиболее показательный до сих пор пример практического внедрения концепции Цифровой Земли (Digital Earth), предвосхищенной ранее в литературе и явно сформулированной вице-президентом США А. Гором за десятилетие до появления Google Earth в виде конкретной программы междисциплинарных исследований [Gore, 1998]. Другой предтечей Digital Earth можно считать теорию ситуационной осведомленности, впервые назвавшей наличие единого для всех элементов, нефрагментированного пространственного контекста необходимым условием адекватного восприятия обстановки в системах управления [Endsley, 1995].

Основа Google Earth – геоцентрическая модель земного шара, созданная на базе глобальной цифровой модели рельефа (ЦМР) с покрывающими ее изображениями земной поверхности; как правило,

для этого используются космические данные дистанционного зондирования (ДЗЗ). Но этой основой Google Earth не ограничивается – модель Земли служит лишь каркасом для размещения в нем любого пользовательского контента, в первую очередь трехмерного (3D) и трехмерного динамического (4D). Фактически Google Earth представляет собой пространственно-временную модель геоцентрического пространства вплоть до околоземного, задаваемую при помощи общегеографического контекста и обеспечивающую пользователям возможность поэтапно и совместно «поднимать» обстановку, погруженную в этот контекст. Трехмерные модели зданий и сооружений, инфраструктурных объектов, транспортных средств в разных средах начиная от поверхности земли и вплоть до космического пространства, динамические модели событий и т.д. составляют неотъемлемый и важнейший компонент Google Earth, в то время как глобус – лишь общегеографический контекст для этих пользовательских моделей. Модель Земли и геоцентрического пространства в Google Earth задает единый для всех масштабных уровней пространственно-временной объем, в котором представляется обстановка. Наличие именно такого объема, представляемого в виде контекста для восприятия специфических пользовательских моделей («...perception of the elements in the environment within a volume of space and time...»)[Endsley, 1995] – одно из обязательных условий обеспечения режима ситуационной осведомленности, перечисленных в его классическом и, по нашему мнению, наиболее корректном определении [там же]. Можно сказать, что назначение Google Earth – геопропространственный

интерфейс, предназначенный для интеграции в геоцентрическом пространстве разнородной пользовательской информации – от спроецированных на земную поверхность классических карт до динамических моделей обстановки в околоземном пространстве, а также ее максимально достоверная визуализация.

Отображение сложных композиций из элементов, распределенных в трехмерном геоцентрическом объеме, требует поддержки полной многоракурсности, включая просмотр объектов «снизу вверх». Многоракурсность полезна и при воспроизведении только геопропространственного контекста (рис. 1). Характерный класс задач, при решении которых полная многоракурсность в сочетании с геопропространственным контекстом необходима, – создание геопропространственно достоверных динамических моделей развития авиационных катастроф. Показательный пример решения такой задачи в Google Earth – динамическая 4D-модель развития ситуации, приведшей в итоге к крупнейшей в истории авиационной катастрофе (583 жертвы) – столкновению двух авиалайнеров Боинг-747 в аэропорту Лос-Родос (Тенерифе, Канарские о-ва) в 1977 г. [PM Olsen, 2010] (рис. 2).

Естественно, технология построения и визуализации в системах класса Google Earth отличается от обычно отождествляемых с голографией технологий фиксации и восстановления волновой картины, создаваемой когерентным источником, с помощью фотографического процесса. Вместе с тем в обоих случаях достигается одинаковый результат – многоракурсное отображение истинно трехмерной модели. Пользователи получают возможность вос-

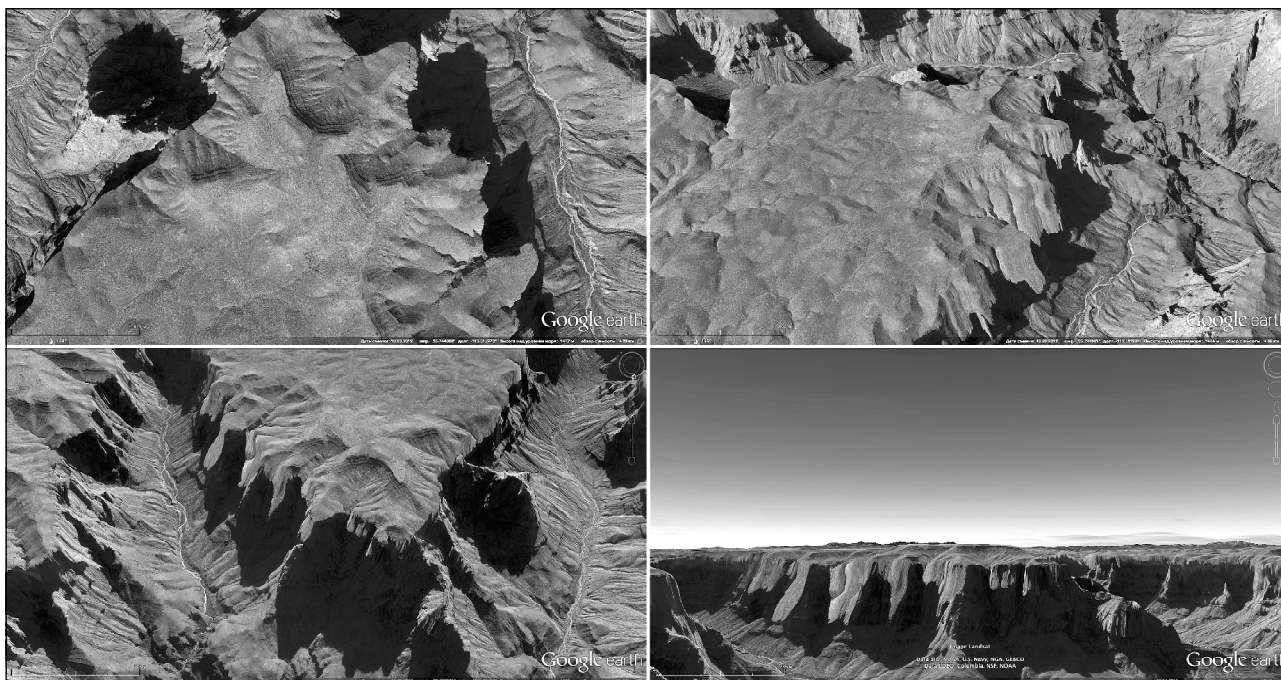


Рис. 1. Поддержка многоракурсного режима в Google Earth позволяет генерировать уникальные для каждого ракурса виды местности, представленной в виде ее истинно трехмерной модели. Район Большого каньона, США

Fig. 1. Support of multi-angle mode in Google Earth allows to generate unique views of Earth, represented by the true 3D-model of surface. Area of Great Canyon, USA

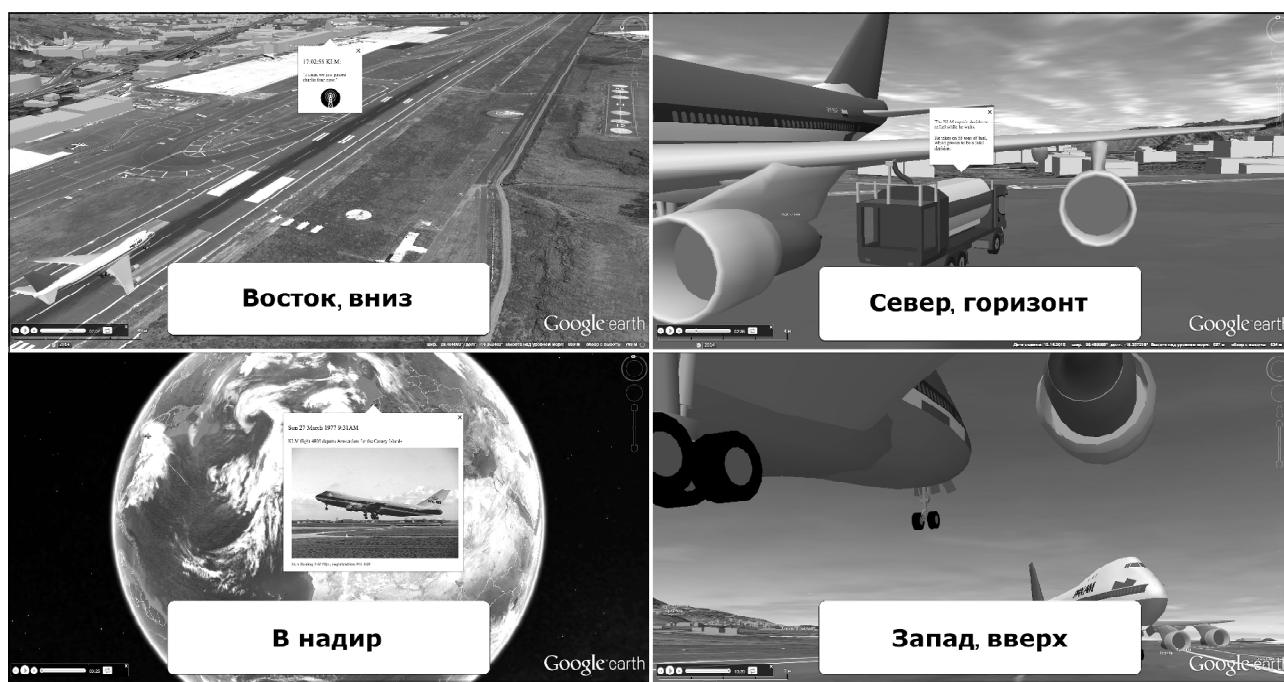


Рис. 2. Виды динамической истинно трехмерной реконструкции развития авиакатастрофы на Канарских островах в 1977 г., сделанные под разными ракурсами, по [PMolsen, 2010]

Fig. 2. Views of dynamic true 3D-model of Tenerife Airport Disaster (1977) reconstruction from the different points of view [PMolsen, 2010]

становить образ обстановки посредством интерактивного последовательного изменения ракурса просмотра либо посредством интуитивно понятного интерфейса управления (в Google Earth).

В распространенных (в частности, в художественной литературе) представлениях голограммы ассоциируются обычно с образами объектов, имеющих примерно сравнимые с наблюдателем геометрические размеры и габариты. Манипуляции с такими образами могут быть сведены лишь к смене ракурса просмотра. Нетрудно заметить, однако, что возможности такой визуализации ограничены – нередки ситуации, когда при знакомстве с объектом или сценой может потребоваться не только смена ракурса просмотра, но и увеличение/уменьшение, что позволяет повысить детализацию отдельных элементов или, наоборот, увидеть общий контекст обстановки. Естественно, при этом должна сохраняться возможность интерактивной смены ракурса просмотра объекта. Кроме того, увеличение/уменьшение (изменение эквивалентного масштаба или разрешения) и изменение ракурса просмотра должны осуществляться произвольно и плавно (бесшовно), а не дискретно, скачками.

Наиболее естественный пример предметной области, в которой многоракурсность должна дополняться возможностью плавного изменения эквивалентного масштаба, многомасштабностью, – география, в силу очевидной необходимости в неразрывном представлении общегеографического контекста от локального до глобального уровня. Особенно это важно в системах управления – восприятие сцены, изолированной от ее окружения, становится непол-

ным и ведет к существенным абберациям в восприятии, а те в свою очередь приводят к некорректной оценке обстановки, ее неправильной интерпретации и к принятию в итоге неверных управленческих решений. Нетрудно оценить диапазон изменения масштаба, необходимого для адекватного представления обстановки в общегеографическом контексте от локального до глобального уровня, – он составляет приблизительно 7 порядков. Естественно, что свойство многомасштабности для отображения такого широкого диапазона столь же необходимо, как и свойство многоракурсности.

Многоракурсность и многомасштабность – обязательные условия исчерпывающе полного представления обстановки. Можно показать, что стремление к обеспечению этих свойств стало движущим фактором эволюции картографического метода, приведшим к появлению продуктов класса Digital Earth [Тикунов, Еремченко, 2015]. Возможность произвольного интерактивного выбора пользователем и масштаба, и ракурса просмотра обстановки позволила избавиться от ограничений, неизбежно присущих классическим картографическим продуктам. Эти ограничения в свою очередь лимитировали возможности правильного восприятия и истолкования геопространственной информации и ее использования, а также возможность оперативной циркуляции точной геопространственной информации в ярусных иерархических системах управления, ограничивая потенциально достижимый темп принятия решений. Отметим, что в современной англоязычной культуре темпу адаптации управленческих решений при реагировании на меняющуюся обстановку уделяется исключительное внимание как важнейшему фак-

тору достижения требуемого результата, в частности, в рамках концепции управленческого процесса OODA-Loop (цикл Бойда) и последующих [Thompson, 1995].

Необходимо рассмотреть вопрос о том, насколько правомерно относить Google Earth и его аналоги к категории «голографических» систем визуализации. Ответ на этот вопрос осложняется смешением представлений о голографии как средстве визуализации и как процедуре получения голограмм, поэтому необходимо рассмотреть сходства и различия режимов визуализации в обоих случаях.

Сходство. В обоих случаях пользователь может видеть объект со всех или с некоторых (в случае обычной голограммы) сторон, под произвольно и интерактивно выбираемым ракурсом (свойство многоракурсности).

Различия. 1. Обычная голографическая визуализация обеспечивается материальным носителем (голограммой) на конкретном устройстве и не допускает одновременную независимую, распределенную в пространстве визуализацию. В случае с Google Earth используется распространяемая по интернету (или аналогичным каналам обмена данными) информация, которая может воспроизводиться полностью в объемном виде одновременно на большом числе пользовательских терминалов с уникальными для каждого терминала интерактивными манипуляциями.

2. Обычная голограмма гомогенна, т.е. однородна по своей природе. Google Earth гетерогенна, т.е. дает пользователям возможность комбинировать разнородные данные из разных источников (например, виды обстановки в разных спектральных областях или в разные интервалы времени) в интерактивном режиме, выделяя различные аспекты исследуемого образа с использованием гипермедийности.

3. Обычная голограмма неконтекстна, в лучшем случае она может включать лишь ограниченный, локальный пространственный контекст. Google Earth, наоборот, позволяет визуализировать модель во всем ее глобальном контексте, последовательно подключаемом при изменении масштаба отображения.

4. Обычная голограмма не поддерживает многомасштабность. В Google Earth возможно представление объекта в очень широком диапазоне масштаба с сохранением многоракурсности.

5. Создание обычной голограммы – результат активного процесса, предполагающего освещение объекта источником электромагнитного излучения со специфическими характеристиками. В противоположность этому истинно трехмерные модели в Google Earth могут создаваться не интрузивно, за счет использования отраженного естественного излучения. Это расширяет возможности применения многоракурсной визуализации, например, в системах военного и специального назначения.

6. Обычная голограмма может быть создана только для объектов в крайне ограниченном диапа-

зоне размеров. В Google Earth возможно представление объектов практически любых размеров.

7. Обычная голографическая визуализация ментальна и статична. В Google Earth возможно представление обстановки в ее временной динамике с поддержкой режимов многоракурсности и многомасштабности.

8. Обычная голограмма является образом реального объекта. В Google Earth можно формировать трехмерные образы идеальных объектов, которые не существуют, осуществляя тем самым проектную деятельность, прогнозирование и т.д.

В Google Earth целостный образ формируется из гетерогенного по природе и когнитивного (гипермедийного) по характеру восприятия [Тикунов, 2004] набора разнородных данных, полученных различными аппаратными средствами и обладающих разными свойствами. Так, в текущей версии Google Earth многоракурсность и многомасштабность обеспечиваются комбинацией, в частности, следующих элементов:

- цифровой модели рельефа (ЦМР);
- цифровой модели океанического дна;
- космо- и аэроснимков;
- картографических слоев в векторной форме;
- трехмерных и динамических трехмерных моделей различной топологии, интегрированных в общегеографический контекст;
- геопривязанных и геоориентированных фотографических изображений;
- геопривязанных аудио- и текстовых данных;
- сферических панорам;
- видеозаписей и динамических презентаций (видеотуров).

Этими элементами возможности информационного наполнения Google Earth и родственных ему продуктов не ограничиваются. Уникальная особенность Google Earth как среды с открытой архитектурой – потенциальная возможность встраивания в общегеографический контекст и иных, пока гипотетических типов данных. Например, в будущем, вероятно, будет возможно встраивать в аналоги Google Earth такой перспективный элемент представления обстановки, как собственно фотографические голограммы. Можно ожидать, что дальнейшее качественное развитие систем визуализации не ограничится достижением режима голографичности.

Подчеркнем, что Google Earth демонстрирует практическую реализуемость голографического видео, т.е. демонстрации без ущерба для режимов многомасштабности, многоракурсности и временной динамики сцены. Можно сказать, что режимы многоракурсности и многомасштабности для полного представления и пространственной, и временной динамики естественным образом нуждаются в дополнении режимом интерактивного выбора временной динамики – мультитемпоральности. Режим голографического видео до определенной степени уже реализован в видеотурах Google Earth, дающих пользователю возможность мгновенно брать на себя управление движением виртуальной камеры и рас-

смагивать обстановку с необходимого в данной ситуации ракурса; после прекращения вмешательства оператора будет восстановлено автоматическое управление камерой в соответствии с заложенным сценарием видеотура.

Можно сделать вывод, что геосервисы класса Google Earth можно считать голографическими, поскольку в них реализуется необходимое и достаточное условие – обеспечение интерактивной многоаккурности. Однако они по возможностям качественно превосходят голографические системы, что позволяет говорить о реализации в них нового режима «сверхголографии», важнейшее требование к которому заключается в обеспечении (наряду с многоаккурностью) еще и многомасштабности.

Достижение режима сверхголографии стало результатом внутреннего развития картографического метода – такой вывод можно сделать по итогам дискуссии о связи Google Earth и картографии. Характерные и разительные отличия Google Earth от карт и иных картографических в своей основе геопродуктов были настолько очевидны с момента его появления в 2005 г., что возник резонный вопрос о правомочности отнесения его к картографическим продуктам. Высказывалось мнение об обособленности новых геопродуктов от карт [Turner, 2006]. Альтернатива этой точке зрения – представление о незыблемости картографического метода в его классической проективной форме, исключающее потребность в каких бы то ни было новых классификациях. Наличие нового качества в Google Earth объяснялось в этом случае привлечением исключительно новых технологий или новых социальных практик.

Обе эти точки зрения представляются некорректными и тупиковыми. С одной стороны, качественное отличие продуктов класса Google Earth от карт и их производных (ГИС, глобусов и т.д.) очевидно, и его нельзя свести только к технологической новизне уже вследствие отсутствия какой-либо специфической именно для Google Earth технологии. С другой стороны, новые продукты, очевидно, относятся к той же предметной области, что и классическая картография, и уже поэтому их нельзя рассматривать изолированно, а их генетическую связь с картами можно считать очевидной.

В работе [Тикунов, Еремченко, 2015] предложена третья – синтетическая – точка зрения. Она предполагает качественное развитие картографического метода, результатом которого стало появление качественно новых геопродуктов. Тем самым можно обосновать единство всего известного на сегодняшний день многообразия геопродуктов. Мотив эволюции картографического метода – потребность в ликвидации aberrаций восприятия, обусловленных самой природой картографического метода. Источник этих aberrаций заключается в принципиальной нереализуемости режимов многоаккурности и многомасштабности в классической картографии. Продукты класса Google Earth, наоборот, позволяют реализовать оба этих режима в полной мере.

При этом, как показано выше, многоаккурность фактически – синоним голографичности. Этот вывод дает возможность гармонизировать эволюцию картографии и научной визуализации. Стремление к голографичности, как дальнейшему ориентиру развития научной визуализации, идентично стремлению к многоаккурности в картографии. Однако в картографии многоаккурность уже реализована; более того, реализовано и комплиментарное ей свойство многомасштабности, которое классическая голография обеспечить не может. Режим совместной реализации многомасштабности и многоаккурности можно обозначить как «сверхголографический». На рис. 3 представлена эволюционная схема развития различных методов геопространственной визуализации в направлении обеспечения многоаккурности и многомасштабности [Eremchenko et al., 2015].

Реализация многоаккурности и многомасштабности сопряжена с еще одним процессом, требующим специального обсуждения, – замещением условных знаков либо непосредственными визуальными образами, либо имитацией таковых. Этот процесс, по-видимому, наблюдается и в научной визуализации, однако наиболее наглядно выражен в картографии.

С точки зрения классической семиотики, не допускающей каких-либо иных механизмов передачи информации, нежели знаковые механизмы, изображения рассматриваются как особый тип знаков – знаки иконические, наиболее примитивные и внешне подобные обозначаемым ими предметам. С такой точки зрения объективно наблюдаемый процесс замещения знаков изображениями невозможно считать отказом от более совершенных и, казалось бы, досконально разработанных и доведенных до максимальной абстракции условных картографических знаков в пользу более примитивных знаков; природа такого регресса остается неясной.

Альтернативная точка зрения предполагает возможность прямого восприятия пространства через органы чувств, без привлечения знаков вообще. Такая точка зрения видится логичной, поскольку в противном случае исключается возможность генезиса знаков, а также происходит полное отождествление знаков и любого восприятия вообще, что обесмысливает саму идею знака. В этом случае необходимо допустить существование «нулевого» знака, или не-знака [Massel, Eremchenko, 2014], обозначающего гипотетические носители информации, знаками не являющиеся. Такой «нулевой» знак по смыслу стал бы семиотическим аналогом нуля в математике.

В целом дискуссия о природе знаковости применительно к картографии и научной визуализации представляется необходимой и актуальной. Это, в частности, связано с тем, что уже сегодня становятся все более доступными изображения, по качествам максимально приближающиеся к прямому визуальному восприятию и лишенные при этом какого-либо субъективизма, которым можно было бы

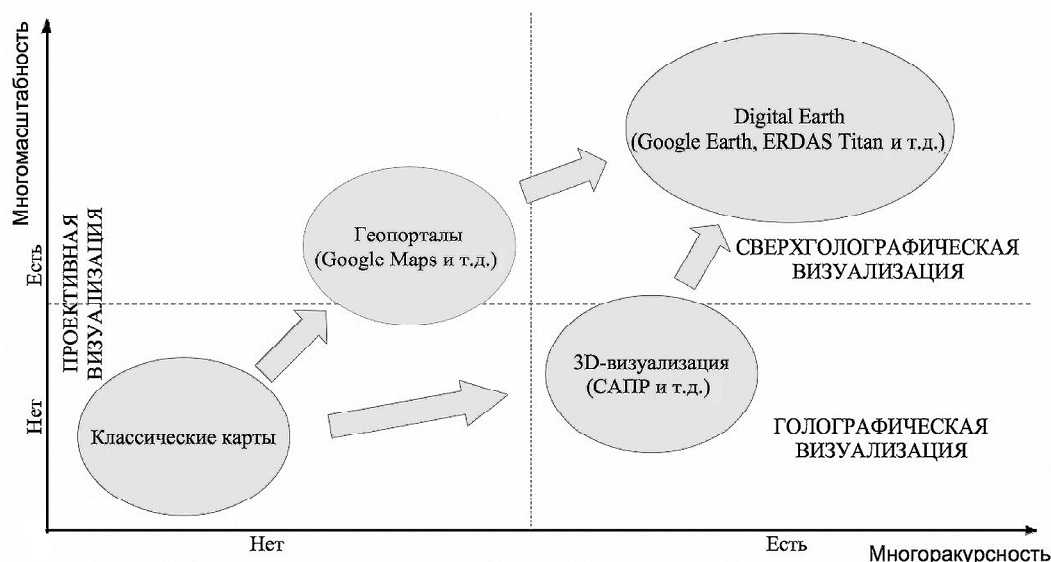


Рис. 3. Условная схема эволюции картографического метода для обеспечения многокурсности и многомасштабности

Fig. 3. Schematic diagram of the evolution of the cartographic method towards providing of multi-angle and multiscale («superholography») properties

обосновать их отнесение к знакам иконическим, например, субъективизма композиционного. Так, сферические панорамы не выделяют какой-либо ракурс просмотра обстановки – пользователь волен выбрать такой ракурс самостоятельно в интерактивном режиме. Вопрос о том, до какого предела информационные носители такого рода можно считать знаками, остается предметом дискуссии и нуждается в дальнейшем изучении.

Выводы:

– имеющиеся определения голографии выделяют особый способ создания голограмм, а не специфические особенности конечного продукта – визуализируемого трехмерного облика объекта. Тем не менее голография как особый вид визуализации может быть интерпретирована как следствие реализации режима многокурсности, а в своем наиболее законченном виде «сверхголографии» – реализации еще и режима многомасштабности. В этом случае голография может быть реализована с по-

мощью существующих цифровых систем, причем возможности такой сверхголографии существенно превосходят возможности обычной голографии. Исторически оба этих режима были достигнуты впервые в системах географической визуализации, выполненных в рамках концепции Digital Earth;

– сравнительное изучение и классификация различных картографических продуктов, а также сравнительное изучение процессов развития картографии и научной визуализации и обсуждение механизмов передачи информации с помощью знаков перспективная и крайне актуальная область междисциплинарного синтеза. Ее актуальность обусловлена тем, что новое качество работы с информацией, являющееся итогом освоения режимов многомасштабности и многокурсности, может быть непосредственно реализовано в системах управления без каких-либо технологических рисков и с использованием уже существующих технологий.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-17-30009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большая советская энциклопедия. URL: <http://bse.sci-lib.com/article011360.html> (дата обращения: 05.01.2016).

Ефремов И. Тень минувшего. URL: <http://www.serann.ru/text/ten-minuvshego-9663> (дата обращения: 05.01.2016).

Ожегов С.И. Словарь русского языка. URL: <http://slovarozhegova.ru/word.php?wordid=5392> (дата обращения: 05.01.2016).

Тикунов В.С. Атласные информационные системы для принятия решений // Основы геоинформатики: Учеб. пособ. для студ. вузов / Под ред. В.С. Тикунова. Кн. 2. М.: Академия, 2004. С. 285–304.

Тикунов В.С., Еремченко Е.Н. Цифровая земля и картография // Геодезия и картография. 2015. № 11. С. 14–23.

Endsley M. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // Human Factors, 1995. Vol. 37. P. 36.

Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov, R. et al. Digital earth and evolution of cartography // Proced. Computer sci. 2015. Vol. 66. P. 235–238.

Gore A. The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century. URL: http://www.digitalearth-isde.org/userfiles/The_Digital_Earth_Understanding_our_planet_in_the_21st_Century.doc (дата обращения: 05.01.2016).

Holography. Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Holography> (дата обращения: 05.01.2016).

Johnston S.F. Absorbing New Subjects: Holography as an Analog of Photography // *Physics in Perspective*. 2006. N. 8. P. 164–188.

Massel L., Eremchenko E. Cognitive graphics and images in geography // *New Semiotics: Between Tradition and Innovation*. Abstr. 12th World Congress on Semiotic (IASS/AIS). Bulgaria, Sofia: New Bulgarian University, 2014. P. 181–182.

PMOlsen. Tenerife Airport Disaster Animation. URL: https://productforums.google.com/forum/#!topic/gec-models-annotations/oiAWw_mpqCM (дата обращения: 05.01.2016).

Thompson F. Business Strategy and the Boyd Cycle // *J. of Contingencies and Crisis Management*, Vol. 3. N 2, June 1995, pp. 81–90.

Turner A. Introduction to neogeography. O'Reilly Media, 2006. 56 p.

Поступила в редакцию 18.10.2015

Принята к публикации 25.01.2016

E.N. Eremchenko¹, V.S. Tikunov²

HOLOGRAPHIC VISUALIZATION IN GEOGRAPHY

Holography means: 1) a technique of obtaining a three-dimensional image of the object, and 2) a «best possible» visualization technique in the far future. The greatest expectations are related to holography as an imaging technique. The idea of holography seems to be self-evident – a reasonable criterion of holographic visualization is an interactive seamless multi-angle representation of the scene.

However the multi-angle regime is already implemented in 3D-visualization systems. And the Google Earth geoservice (started in 2005) supplements the multi-angle representation with the multi-scale one, which could not be implemented using the traditional analogous holograms. Thus the Google Earth geoservice concept is a specific regime of visualization having very high potential of self-development.

The paper compares the properties of classic and «super» holograms. Factors contributing to the evolution of scientific visualization in cartography are analyzed. The prospects of the interdisciplinary research in this area, including the application of semiotic tools, are discussed.

Keywords: scientific visualization, Digital Earth, cartography, holography.

Acknowledgements. The research was financially supported by the Russian Science Foundation (project № 15-17-30009).

REFERENCES

Bol'shaja Sovetskaja Jenciklopedija [Big Soviet Encyclopedia]. URL: <http://bse.sci-lib.com/article011360.html> (Accessed: 05.01.2016) (in Russian).

Efremov I. Ten' minuvshogo [Shadow of the Past]. URL: <http://www.serann.ru/text/ten-minuvshogo-9663> (Accessed: 05.01.2016) (in Russian).

Endsley M. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // *Human Factors*. 1995. Vol. 37. P. 36.

Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov, R. et al. Digital earth and evolution of cartography // *Proced. Computer sci.* 2015. Vol. 66. P. 235–238.

Gore A. The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century. URL: http://www.digitalearth-isde.org/userfiles/The_Digital_Earth_Understanding_our_planet_in_the_21st_Century.doc (Accessed: 05.01.2016).

Holography // Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Holography> (Accessed: 05.01.2016).

Johnston S.F. Absorbing New Subjects: Holography as an Analog of Photography // *Physics in Perspective*. 2006. N 8. P. 164–188.

Massel L., Eremchenko E. Cognitive graphics and images in geography // *New Semiotics: Between Tradition and Innovation*.

Abstr. of 12th World Congress on Semiotic (IASS/AIS). Bulgaria, Sofia: New Bulgarian University. 2014. P. 181–182.

Ozhegov S.I. Slovar' russkogo jazyka [Russian Dictionary], URL: <http://slovarozhegov.ru/word.php?wordid=5392> (Accessed: 05.01.2016) (in Russian).

PMOlsen. Tenerife Airport Disaster Animation, URL: https://productforums.google.com/forum/#!topic/gec-models-annotations/oiAWw_mpqCM (Accessed: 05.01.2016).

Tikunov V.S. Atlasnye informacionnye sistemy dla priniatija reshenij [Atlas information systems for decision making], *Osnovy geoinformatiki, Uchebnoe posobie dla studentov vyzov. Pod redakciej V.S. Tikunova*, Moscow, Akademija, 2004, kniga 2, pp. 285–304 (in Russian).

Tikunov V.S., Eremchenko E.N. Cifrovaja zemlja i kartografija [Digital Earth and cartography], *Geodezija i kartografija*, 2015, no 11, pp. 14–23 (in Russian).

Thompson F. Business Strategy and the Boyd Cycle // *J. Contingencies and Crisis Management*. 1995. Vol. 3, N 2, June. P. 81–90.

Turner A. Introduction to neogeography // O'Reilly Media. 2006. P. 56.

Received 18.10.2015

Accepted 25.01.2016

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Center of the World Data System for Geography, Research Scientist; e-mail: eugene.ermchenko@gmail.com

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Integrated Mapping Laboratory, Head of the Laboratory, D.Sc. in Geography; e-mail: tikunov@geogr.msu.ru