

(DEM-9S) version 3. – 2009. [http://www. ga. gov. au](http://www.ga.gov.au).

29. Savinykh V. P., Tsvetkov V. Ya. Geodata As a Systemic Information Resource // Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014. Vol. 84. No. 5. P. 365–368.

30. De Lange N., Plass C. WebGIS with Google Maps // Digital Earth Summit on Geoinformatics, 2008. P. 176–181.

### Geodetic support digital modeling

**Slaveyko Gospodinov Gospodinov, Ph.D.**, a professor, the vice-rector for research University Architecture, Civil Engineering and Geodesy. Academician of International Eurasian Academy of Sciences. Academician of the Russian Academy of Cosmonautics named after K.E Tsiolkovsky  
Sofia, Bulgaria

*This article describes surveying methods, which are used to obtain spatial information. This information is used to build digital models and digital simulations. The article recommends the introduction of a new term "spatial digital model" for differences with digital models used in communication technologies. The article analyzes the main technology of the spatial coordinates, which are used to generate digital models. This article describes the prospects for the development of digital modeling. The article shows that the main task of digital simulation is to obtain new knowledge.*

*Keywords: geoinformatics, applied geoinformatics, modeling, digital modeling, digital models, spatial digital models, the technology of spatial information, survey methods, space geodesy.*

УДК 528.2/.5 528.8 528.02

## ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ КАРТ

**Сергей Геннадьевич Дышленко**, канд. техн. наук,

начальник отдела,

*e-mail* [dishlenko@yandex.ru](mailto:dishlenko@yandex.ru)

КБ Панорама

<http://www.gisinfo.ru>

**Виктор Яковлевич Цветков**, проф., д-р техн. наук,

лауреат премии Президента РФ, лауреат премии Правительства РФ,

«Заслуженный деятель науки и образования», «Почетный работник науки и техники»,

«Почетный работник высшего профессионального образования»,

«Отличник геодезической службы»,

академик: Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского (РАКЦ),

Российской академии естествознания (РАЕ), Российской академии информатизации

образования (РАО), Международной академии наук Евразии (IEAS),

заместитель руководителя,

*e-mail*: [svj2@mail.ru](mailto:svj2@mail.ru),

Центр перспективных фундаментальных и прикладных

исследований ОАО «НИИАС»

<http://www.vniias.ru>

*Статья описывает методологию и технологию построения трехмерных карт. В качестве мультимедийной основы используется технология виртуальной реальности. В качестве информа-*

ционной методологии используется метод информационных единиц и информационной ситуации. Применительно к трехмерной карте метод информационных единиц трансформируется в метод трехмерных информационных единиц. Применительно к трехмерной карте метод информационной ситуации трансформируется в метод трехмерной информационной ситуации. Вводятся новые понятия: локальная информационная основа, стандартная трехмерная информационная единица, виртуальная карта. Дается анализ различий между трехмерной картой и цифровой моделью, между цифровой картой и электронной картой.

*Ключевые слова:* прикладная геоинформатика; цифровое моделирование; электронная карта; цифровая модель; трехмерная карта; информационные единицы; информационная ситуация; трехмерные информационные единицы; локальная информационная основа; виртуальная карта

DOI: 10.21777/2312-5500-2016-4-130-138

## Введение

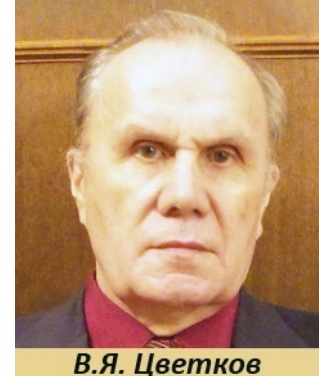
В настоящее время накоплен достаточный опыт в создании цифровых карт и цифровых моделей. Этот опыт закреплён теорией и практикой геоинформатики. Получение трех-



С.Г. Дышленко

мерных карт представляло интерес не только в картографии, но и в теории искусственного интеллекта [1]. Трехмерные карты используют технологию получения цифровых карт [2] и цифрового моделирования [3]. Однако современные технологии получения трехмерных карт эволюционно связаны с такими понятиями и технологиями, как «цифровая карта», «электронная карта», «цифровая модель».

При этом большую роль играет программное обеспечение, разработанное для той или иной геоинформационной системы. В качестве экспериментальной основы в данной работе использованы возможности ГИС «Карта 2011».



В.Я. Цветков

**Цифровые карты и электронные карты.** Термины «цифровая карта» и «электронная карта» связаны с эволюцией термина вычислительная машина. Первоначально появился термин «цифровая вычислительная машина» (ЦВМ), затем его сменил термин «электронная вычислительная машина» (ЭВМ). Развивая этот понятийный ряд можно говорить о «компьютерной карте» как об общем понятии, поскольку в настоящее время термины ЦВМ и ЭВМ заменяет термин «компьютер». То есть формально с позиций лингвистики эти понятия являются синонимическими.

С позиций построения в информационной сфере цифровые карты и электронные карты являются информационными конструкциями [4–6]. С позиций сущности и приложения появилось различие, связанное с тем, что все, что называют цифровым, хранится на компьютерных носителях в закодированном виде и в первую очередь связано с процессами хранения и обработки. Визуализация для цифровых объектов отступает на второй план. Именно это имеет отношение к цифровой карте.

*Цифровая карта* [7] – структурированная дискретная информационная конструкция, хранимая в компьютере, содержащая информацию об одной или нескольких картах (мультимасштабная карта) или о нескольких информационных ситуациях. Цифровая карта – это некий массив, хранимый в компьютере.

*Электронная карта* – структурированная дискретная информационная конструкция, хранимая в компьютере и визуально отображающая одну информационную ситуацию [8] в заданном масштабе в растровой форме. Электронная карта может быть динамической и статической. Поскольку статическая электронная карта отображает одну информационную ситуацию, то для отображения множества ситуаций используют электронные атласы. Различают электронные атласы следующих типов: интерактивные, аналитические, сетевые, размещенные в глобальных сетях [9]. Для электронных карт визуализация – важнейший ат-

рибут.

Электронная карта – визуальное отображение (всегда растровое) цифровой карты. По назначению – научно-справочные, учебные, топографические, ландшафтные – электронные и цифровые карты совпадают. Электронная карта привносит в цифровую карту элементы картографического оформления и визуального представления.

**Отношения понятий «цифровая карта» и «цифровая модель»** Технология формирования цифровой карты опирается на технологии цифрования (дигитализации) и цифрового моделирования. Поэтому между понятиями «цифровая карта» (ЦК) и «цифровая модель» (ЦМ) существуют признаки сходства и различия [10–12]. Оба понятия описывают модели, но это разные модели, поэтому понятия ЦК и ЦМ не являются синонимами.

Цифровая карта, как классическая топографическая карта, должна содержать все атрибуты, присущие карте. Она должна содержать зарамочное оформление и обязательно быть представлена в одной из возможных или выбранных картографических проекций. Цифровая карта (как дискретная модель) должна создавать возможность визуального отображения в виде аналоговой модели обычной карты. Она должна обладать полной сопоставимостью с обычными картами, получаемыми сразу в бумажной форме. Цифровые карты и цифровые модели являются двумя основными (но не единственными) видами геоинформационных продуктов, создаваемых методами геоинформатики.

По признакам моделирования цифровая карта – это модель модели. Обычная карта является плоской моделью трехмерной реальности. Цифровая карта может строиться по обычной карте как вторичная модель. Даже если цифровая карта строится не по картографической информации, а, например, с помощью дистанционных методов, то на заключительном этапе построения в нее необходимо вводить картографические преобразования, которые вносят картографические искажения, как и в обычную карту.

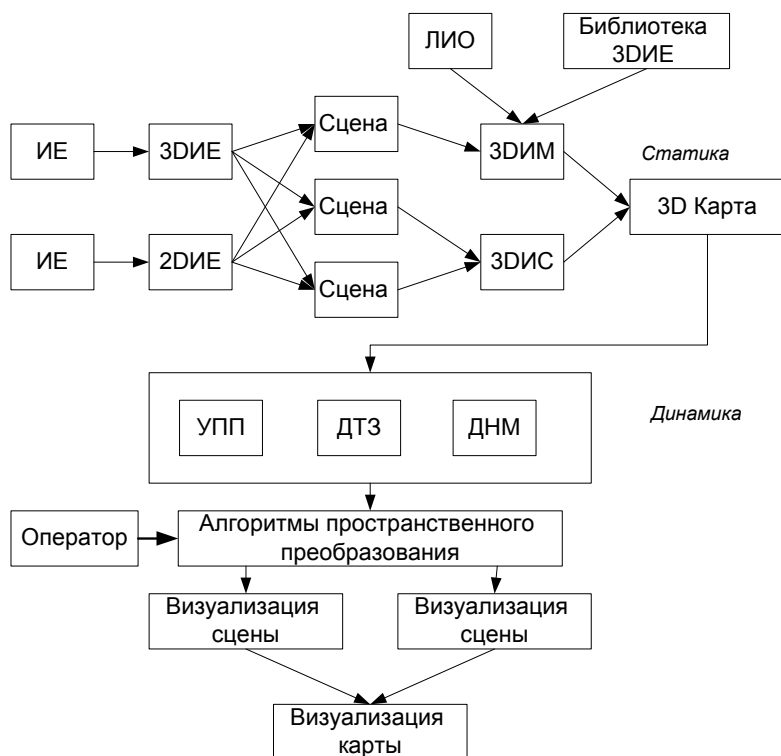


Рис. 1. Технологическая схема формирования трехмерных цифровых карт в статическом и динамическом режимах

образованиях, меняющих пространство. В них осуществляется переход от трехмерной реальности к плоскости. Методология цифровых моделей основана на концепции моделирования аналогов. В них сохраняется трехмерность. Цифровая модель может быть

Карты и цифровые карты создаются на любой масштабный ряд. Цифровые модели создают в основном на крупные масштабы, поэтому цифровая модель по масштабу ближе к плану, чем карте. Тем не менее по совокупности цифровых моделей можно строить достаточно протяженные объекты, с учетом референцной или общеземной системы. В настоящее время создаются мультимасштабные карты для отображения информации в разных масштабах [13].

Цифровая модель гомоморфна объекту моделирования, цифровая карта гомоморфна объекту моделирования. Методология цифровых карт основана на пре-

всегда преобразована в цифровую карту, а цифровая карта не всегда может быть преобразована в цифровую модель.

**Технологии построения.** Использование геоинформационной системы серии «Панорама» [14] позволяет формировать специальные технологические решения для построения трехмерных моделей [9] и трехмерных пространственных карт [1]. При этом применяют методы виртуального моделирования [16–18] и средства компьютерной графики [9].

Технология формирования динамических трехмерных карт использует метод информационных единиц, метод информационной ситуации, метод визуализации и метод построения динамических моделей. Она включает два этапа: статическое моделирование и динамическое моделирование. На рис. 1 приведена технологическая схема формирования трехмерных цифровых карт.

На первых этапах моделирования применяют информационные единицы (ИЕ) [19–22], которые представляют собой порции информации. Их преобразуют в трехмерные информационные единицы (ЗДИЕ), как элементы информационных моделей трехмерных объектов (ЗДИМ) [23] и трехмерных информационных ситуаций (ЗДИС) [24]. Трехмерные модели преобразуют в сцены, которые служат основой формирования трехмерной и виртуальной реальности. Для формирования трехмерных моделей, применяемых в трехмерных картах, необходима координатная привязка таких моделей. Для этой цели вводят новую сущность – локальную информационную основу (ЛИО) (рис. 2).

Эта сущность задает локальную ориентацию условной системы координат в точке, которая может быть привязана к реальным точкам пространства. Локальная координатная основа позволяет привязывать трехмерную информационную единицу к любым системам координат с любыми моделями Земли и референц-эллипсоидами. По существу, она является координатным интерфейсом, связывающим пространственный знак с системой координат карты.

На локальную информационную основу устанавливают стандартную трехмерную информационную единицу (рис. 3). Стандартная трехмерная информационная единица хранится в специальной библиотеке (рис. 1) и является аналогом условного знака, но она значительно сложнее. Локальная основа играет роль точки привязки трехмерной информационной единицы к карте или точки входа в карту.

В отличие от условного знака, который является «плоским» и условным, стандартная трехмерная информационная единица имеет три измерения и максимально приближена к объекту отражения в рамках виртуальной реальности. То есть на обычной карте одинаковый объект (например, дом с любым количеством этажей) изображается одним условным знаком. На трехмерной карте дом изображается индивидуально и даже с учетом окраски стен, что в принципе исключается на обычных картах. Следовательно, трехмерная карта обладает на порядки большими выразительными возможностями, чем обычная карта. Это дает основание ввести понятие виртуальная карта.

Затем на основе совокупности сцен формируют синтезированную информационную конструкцию [5, 25–27] карты, которая объединяет ЗДИМ и ЗДИС и служит основой создания трехмерной карты (3D-карта). Этот этап завершает статическое моделирование. По существу, карта сформирована как виртуальная реальность [28] (рис. 4) и позволяет рассматривать ее в любом масштабе, а не только в наборе стандартных масштабов, что характерно для обычных карт.

Но этим не кончается различие между трехмерной виртуальной картой и обычной картой. Сформированная карта дает возможность динамического наблюдения трехмерной ситуации. Поэтому следующий этап является этапом динамического моделирования. На этом этапе вводят дополнительные параметры: условия пространственного преобразования (УПП); допустимые точки наблюдения, или точки зрения (ДТЗ); допустимые наборы масштабов (ДНМ) отображения трехмерной реальности.

Для построения трехмерной виртуальной карты могут использоваться: векторная карта, матрица высот, триангуляционная модель рельефа (TIN-модель), классификатор карты, библиотека трехмерных изображений объектов, цифровые фотоснимки местности и цифровые фотографии объектов местности. Состав исходных данных может быть разным и зависит от того, какого вида модель необходимо получить. Карта на рис. 4 производит впечатление обычной карты. Однако свойство трехмерности позволяет получать дополнительные виды этой местности. На рис. 5 приведен перспективный вид местности, изображенной на рис. 4 как обычная карта.

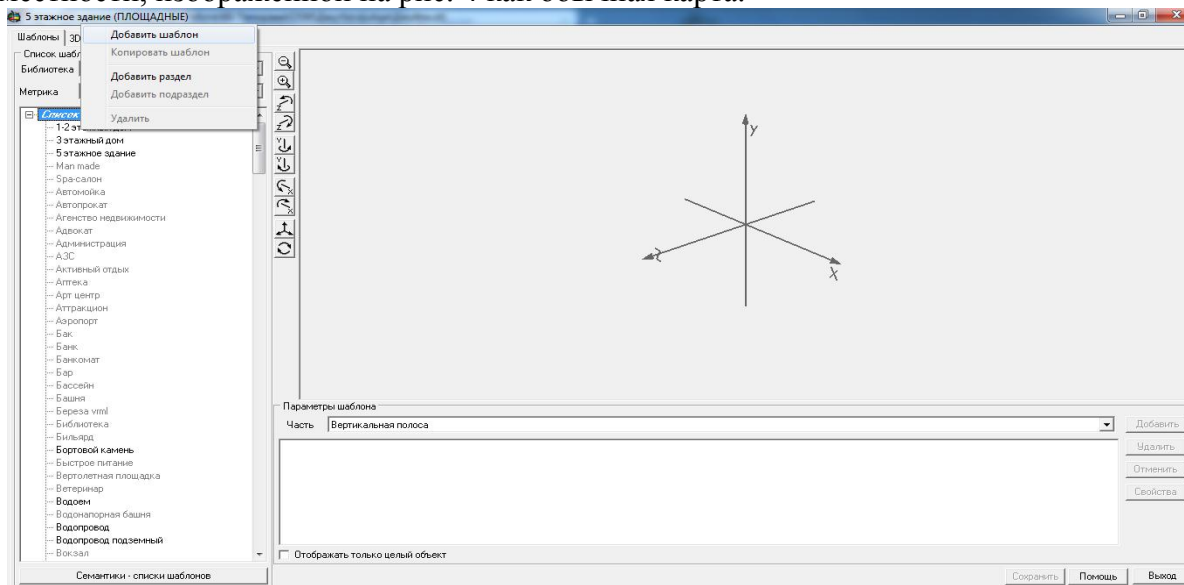


Рис. 2. Локальная координатная основа, сформированная в ГИС «Карта 2011»

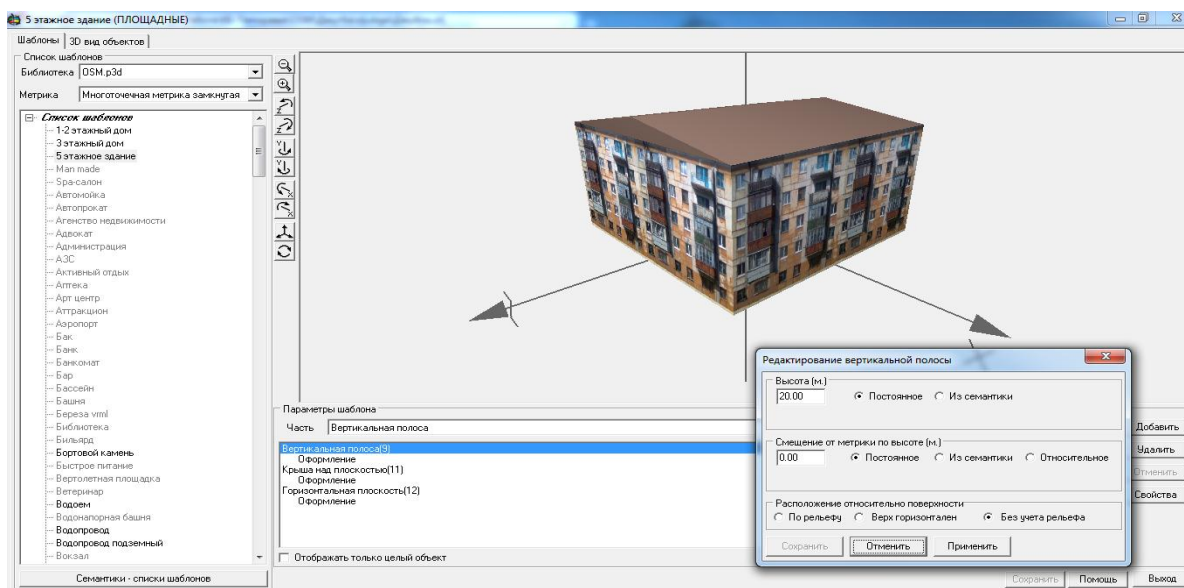


Рис. 3. Трехмерная информационная единица

Виртуальная карта позволяет решать задачи генерализации. На рис. 6 приведена виртуальная карта этого же района в более мелком масштабе. Применены картографические приемы заливки и теней. По существу, это технология 2.5D, применяемая в виртуальной реальности, в мультимедийных технологиях и в технологиях компьютерной анимации [30].

В технологии виртуальных карт используют информационные единицы, которые также называют « типовые трехмерные модели ». Такие типовые трехмерные модели создаются по планам городов, топографическим картам или обзорным картам. Типовые

модели содержат поверхность рельефа местности, строения, объекты дорожной сети, трубопроводы, колодцы, светофоры, объекты растительности, гидрографии и другие объекты простой формы.



Рис. 4. Фрагмент виртуальной трехмерной карты побережья в районе г. Сочи. Показана текстом локальная информационная основа

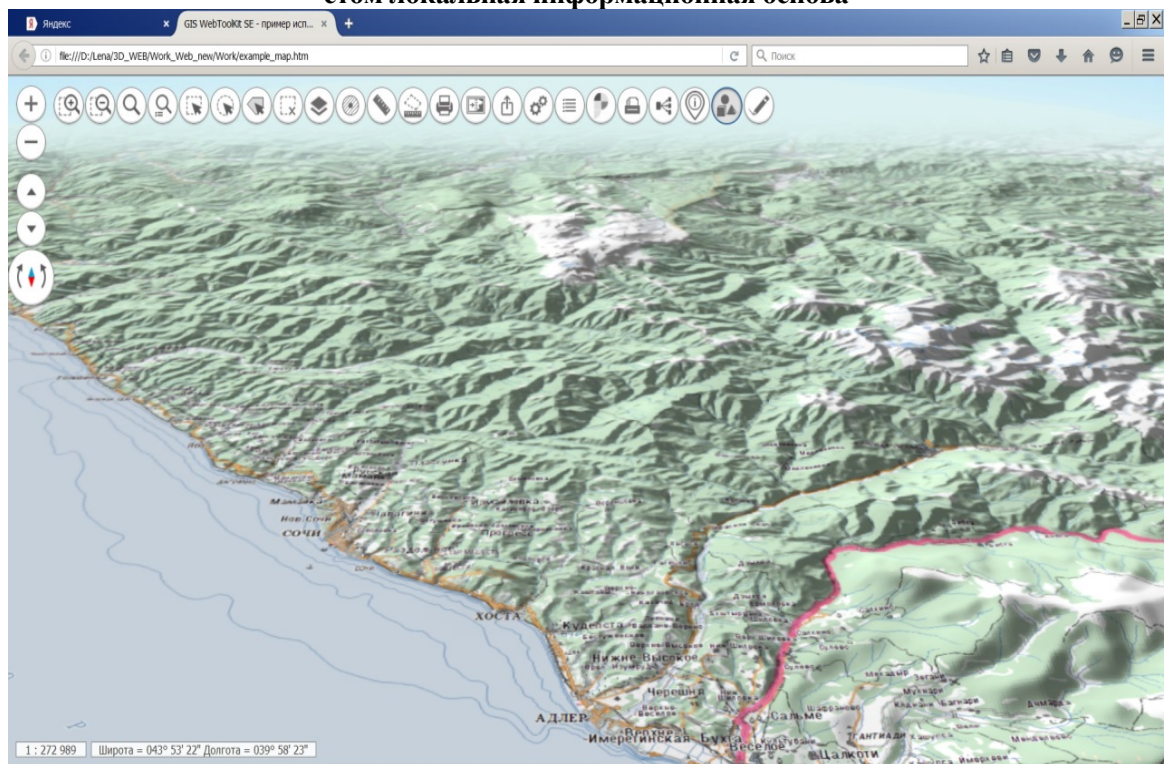


Рис. 5. Перспективный вид местности, полученный по виртуальной карте

Карта на рис. 6 по своей сущности близка к цифровой модели местности, поскольку показывает в первую очередь рельеф местности. Реальная карта должна иметь более плотную информативную нагрузку. Виртуальная карта позволяет дополнять содержание условными обозначениями, чем делает изображение информативнее и понятнее для специалистов-картографов.

Поэтому следующий этап модификации виртуальной карты – внесение дополнительных обозначений. Для настройки моделей детального вида отдельных объектов можно использовать задание текстур внешнего вида через семантические характери-

стики этих объектов. В редакторе трехмерного вида объектов ГИС «Карта 2011» доступно импортирование знаков из формата VRML [31], поэтому некоторые элементы индивидуального вида объектов могут быть созданы в трехмерных редакторах сторонних разработчиков и загружены в различные шаблоны отображения этих объектов



**Рис. 6. Уменьшение масштаба и генерализация виртуальной карты**



**Рис. 7. Виртуальная карта, дополненная картографической нагрузкой**

Еще одним свойством виртуальной карты является возможность создания трехмерных аналогов тематических карт. Такие аналоги в ГИС «Карта 2011» называют «тематические модели», имея в виду модели тематических карт. Тематические модели создаются по тематическим картам и используются для оформления статистических диаграмм. Одним из примеров использования технологии построения тематической моде-

ли может быть создание трехмерной модели местности по карте оперативной обстановки (рис. 8). В обстановку тематической карты вписываются модели, импортированные из VRML-формата и служащие для символического отображения объектов карты. При этом можно вводить любые обозначения и кодировки.

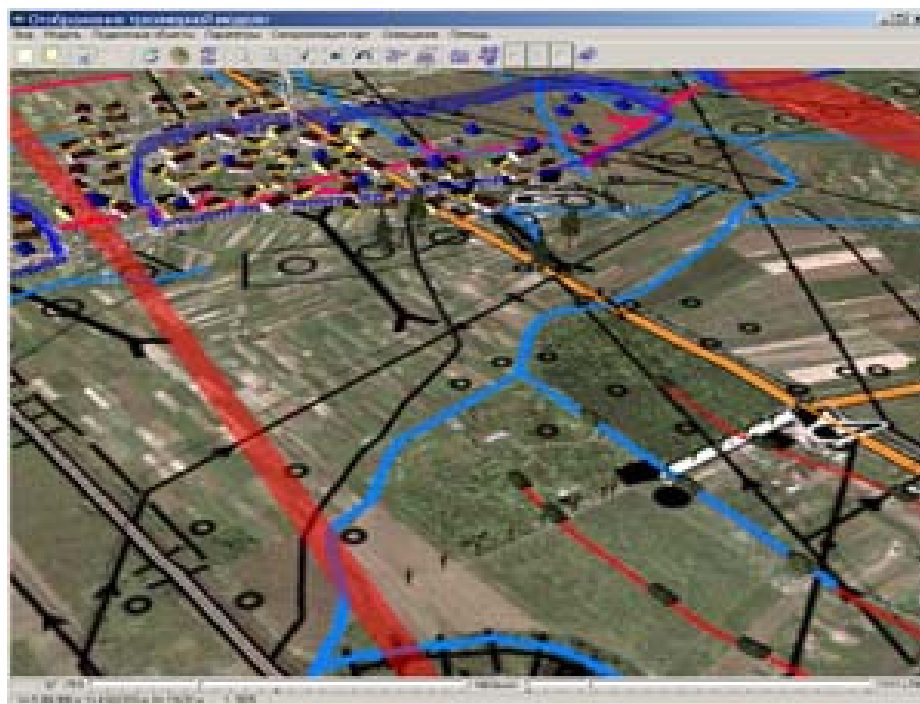


Рис. 8. Тематическая модель как аналог трехмерной тематической карты

**Заключение.** Технология построения трехмерной карты является качественно новой технологией картографирования, поскольку включает новые возможности, которых обычная картография не имеет. Трехмерная карта обладает на порядки большими выразительными возможностями, чем обычная карта. Это дает основание ввести понятие виртуальной карты. Трехмерная карта обладает большей детальностью, чем обычная карта. Она позволяет получать новый вид продукции, такой как перспективная карта. Трехмерная карта позволяет отображать динамические ситуации и имитировать режим полета или перемещения.

#### Литература

1. *Toza A. W. et al.* A 3D digital map of rat brain // Brain research bulletin, 1995. Vol. 38. No. 1. P. 77–85.
2. *Mason D. C. et al.* Use of fused airborne scanning laser altimetry and digital map data for urban flood modelling // Hydrological Processes, 2007. Vol. 21. No. 11. P. 1436–1447.
3. *Greenfeld J. S.* Matching GPS observations to locations on a digital map // Transportation Research Board 81st Annual Meeting. – 2002.
4. *Tsvetkov V. Ya.* Information Constructions // European Journal of Technology and Design, 2014. Vol. 5. No. 3. P. 147–152.
5. *Деуко И. П.* Информационное конструирование: монография. – М.: МАКС Пресс, 2016. 64 с.
6. *Чехарин Е. Е.* Интерпретация информационных конструкций // Перспективы науки и образования, 2014. № 6. С. 37–40.
7. *Цветков В. Я.* Цифровые карты и электронные карты // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. № 4 (часть 3). С. 647–648.
8. *Tsvetkov V. Ya.* Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012. Vol. 36. No. 12-1. P. 2166–2170.
9. *Бородко А. В., Бугаевский Л. М., Верещака Т. В., Запрягаева Л. А., Иванова Л. Г., Книжников Ю. Ф., Савиных В. П., Спиридонов А. И., Филатов В. Н., Цветков В. Я.* Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: энциклопедия в 2 т. – М.: Картоцентр-геодезиздат, 2008. Т. II: Н–Я.
10. *Лисицкий Д. В.* Общность и различие понятий «цифровая модель местности», «цифро-



вая карта» и «электронная карта» // Современные проблемы геодезии и оптики: LI научно-техн. конф., 2001. С. 16–19.

11. Цветков В. Я. Цифровые карты и цифровые модели // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. №4 (часть 2). С. 348–351.

12. Абламейко С. В., Апарин Г. П., Крючков А. Н. Географические информационные системы. Создание цифровых карт. – Минск, 2000.

13. Цветков В. Я., Железняков В. А. Мультимасштабная электронная карта как основа системы учета земель // Государственный советник, 2014. №1. С. 28–37.

14. Дышленко С. Г., Демиденко А. Г., Железняков В. А., Цветков В. Я. Новые возможности ГИС «Панорама» // Кадастр недвижимости, 2010. № 3 (20). С. 101–103.

15. Watt A. H., Watt A. 3D computer graphics. – Reading: Addison-Wesley, 2000.

16. Jepson W., Liggett R., Friedman S. Virtual modeling of urban environments // Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 1996. Vol. 5. No. 1. P. 72–86.

17. Tsvetkov V. Ya. Virtual Modeling // European Journal of Technology and Design, 2016. Vol. 11. Is. 1. P. 35–44.

18. Nishino H. et al. A virtual modeling system for intuitive 3D shape conceptualization // 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. – IEEE, 2002. Vol. 4. P. 6.

19. Ожерельева Т. А. Логические информационные единицы // Славянский форум, 2015. № 2 (8). С. 240–249.

20. Tsvetkov V. Ya. Information Units as the Elements of Complex Models // Nanotechnology Research and Practice, 2014. Vol. 1. No. 1. P. 57–64.

21. Цветков В. Я. Семантика информационных единиц // Успехи современного естествознания, 2007. № 10. С. 103–104.

22. Цветков В. Я. Информационные единицы как средство построения картины мира // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2014. № 8 (часть 4). С. 36–40.

23. Tsvetkov V. Ya. Spatial Information Models // European Researcher, 2013. Vol. 60. No. 10-1. P. 2386–2392.

24. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Информационная ситуация // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2010. № 12. С. 126–127.

25. Тесленко П. А. Информационная конструкция и атрибуты ее исследования // Проблемы техники: научно-производственный журнал. – Одесса: ОНМУ, 2008. № 3. С. 22–31.

26. Бондур В. Г. Информационные конструкции в космических исследованиях // Образовательные ресурсы и технологии, 2016. № 3 (15). С. 79–88.

27. Tsvetkov V. Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design, 2014. Vol. 5. No. 3. P. 147–152.

28. Burdea G. C., Coiffet P. Virtual reality technology. – John Wiley & Sons, 2003.

29. Zhu C. et al. Estimation of average DEM accuracy under linear interpolation considering random error at the nodes of TIN model // International Journal of Remote Sensing, 2005. Vol. 26. No. 24. P. 5509–5523.

30. Lu X., Jain A. K., Colbry D. Matching 2.5 D face scans to 3D models // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2006. Vol. 28. No. 1. P. 31–43.

31. Honjo T., Lim E. M. Visualization of landscape by VRML system // Landscape and Urban Planning, 2001. Vol. 55. No. 3. P. 175–183.

## Construction of three-dimensional maps

*Evgeniy Genad'evich Dyshlenko, Ph.D., KB Panorama*

*Viktor Yakovlevich Tsvetkov, Professor, Doctor of Technical Sciences, OAO NIIS,*

*The article describes the methodology and technology to build three-dimensional maps. As the bases used multimedia technology of virtual reality. As an information methodology used method information items and information of the situation. With regard to the method of three-dimensional map information items is transformed into a method of three-dimensional information units. With regard to the three-dimensional map information situation method is transformed into a method of three-dimensional information of the situation. Article introduces new concepts: local information basis, the standard three-dimensional information unit, a virtual card. This article describes the differences between the three-dimensional digital model of the card and, between the digital map and electronic map.*

*Keywords: Applied geoinformatics, digital simulation, the electronic map, digital model, a three-dimensional map, information units, the information situation, the three-dimensional information units, local information base, virtual map.*