

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В ОТКРЫТЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Наталья Владимировна Гатина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, аспирант отделения геологии инженерной школы природных ресурсов, тел. (952)886-07-59, e-mail: www.tusia.0122@mail.ru

Актуальность работы обусловлена тем, что перспективное развитие урбанизированных территорий напрямую зависит от наличия актуальных и достоверных пространственных данных, хранящихся в геоинформационных системах различного уровня, а современные информационные технологии и картографическое, геодезическое обеспечение определяют эффективность деятельности в сфере градостроительства и управления земельными ресурсами.

Цель: разработать классификацию вариантов WEB-представления 3D-модели подземного пространства территориального образования и визуализировать их на примере фрагмента территории г. Томска.

Методы: эмпирические методы исследования, методы системного анализа и методы трехмерного моделирования, методы теоретического исследования и экспериментально-теоретического уровней, с помощью которых были проанализированы основные аспекты 3D-кадастра. Также использовались методы системного анализа и методы трехмерного моделирования.

Результаты: На основе проведенного анализа российского и зарубежного опыта трехмерного геологического моделирования в настоящем исследовании предложена классификация вариантов WEB-представления 3D-модели геологического строения территориального образования для развития геопорталов ИСОГД. Визуализация разработанной классификации была выполнена для фрагмента территории г. Томска, по результатам инженерно-геологических изысканий.

Ключевые слова: геоинформационные системы, подземное пространство, 3D-моделирование, web-представление, г. Томск.

PRESENTATION OF UNDERGROUND SPACE IN OPEN INFORMATION SYSTEMS

Natalia V. Gatina

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Prospect St., Tomsk, 634050, Russia, Ph. D. Student, Division for Geology, School of Earth Sciences & Engineering, phone: (952)886-07-59, e-mail: www.tusia.0122@mail.ru

The research is relevant due to the fact that the long-term development of urbanized areas depends on the availability of relevant and reliable spatial data stored in geographic information systems at various levels, and modern information technology and cartographic, geodetic support determine the effectiveness of activities in the field of urban planning and land management.

Purpose: to develop a classification of variants of WEB-representation of 3D-model of geological structure of territorial formation on the example of Tomsk.

Methods: empirical research methods, methods of theoretical research and experimental-theoretical levels, which were used to analyze some aspects of the 3D inventory. Methods of system analysis and methods of three-dimensional modeling were also used.

Results: On the example of the territory of Tomsk the analysis of a number of scientific works on three-dimensional geological modeling, taking into account domestic and foreign.

Key words: geographic information systems, underground space, 3D modeling, web-presentation, Tomsk.

Введение

Земельные отношения, уровень принятия решений городского планирования в развитии территории, а также возможности современных информационных технологий и картографическое, геодезическое обеспечение определяют эффективность деятельности в сфере градостроительства [1]. Современное развитие информационных ресурсов, содержащих максимальное количество сведений о земельно-имущественном комплексе территориального образования и его внешней среды зависит от степени развития инфраструктуры пространственных данных.

Созданная инфраструктура пространственных данных в РФ стала основой для нового этапа развития информационного обеспечения градостроительной деятельности.

Значительные изменения содержания сведений в информационных системах обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) [2] и порядка их ведения дают большие возможности формировать цифровые банки данных не только о земельно-имущественном комплексе, находящемся на земной поверхности территориального образования. Поскольку государственные ИСОГД будут дополнены материалами инженерных изысканий и планами наземных и подземных коммуникаций в масштабах 1:500 и 1:2000 то появляется возможность формировать цифровые банки данных подземного пространства, включающих в себя как объекты инженерной инфраструктуры, так и данные об инженерно-геологическом строении территориального образования. При этом законодательно стало закреплено, что сведения, документы, материалы, размещенные в федеральных ГИС (например, ЕГРН) в процессе межведомственного информационного взаимодействия с государственными ИСОГД должны систематизироваться на единой электронной картографической основе в соответствии с кадастровым делением территории РФ. Поскольку современные ИСОГД имеют возможность открытого опубликования картографических данных в виде геопорталов, содержащих интерактивные карты, а также представление объектов в 3D-формате.

Однако в сложившихся условиях возникает актуальная задача web-представления подземного пространства, поскольку в настоящее время интенсивное развитие городской подземной инфраструктуры обусловлено рядом факторов, которые доказывают отсутствие единого геоинформационного подхода при представлении подземного пространства.

В связи, с чем целью настоящего исследования является поиск вариантов информативного web-представления подземного пространства для использования широкого круга лиц, в том числе специалистам в области строительства, инвесторам, землепользователям и землевладельцам.

Информационные сервисы

Информационные картографические сервисы являются электронными услугами предоставляющие пространственные данные, для широкого спектра потребителей, использующих различные классы технических устройств. Сервисы основаны на базе открытых стандартов и протоколов, которые помогают пользователю с любого персонального компьютера, ноутбука, планшетных компьютеров, коммуникаторов и прочих технических устройств выйти во всемирную сеть интернет, получить необходимую пространственную информацию из любой точки земного шара, не занимая большого количества времени.

Сервисами можно воспользоваться с помощью выхода в Интернет через браузер. Многие современные геодезические приборы способны выходить в сеть интернет и получать необходимые им данные, например, данные базовых станций ГЛОБАСС/GPS.

Информационные системы, потребляющие пространственные данные, работают на разных классах технических устройств и решают различные задачи, от построения кадастровых систем, до решения геодезических задач «на лету» при выполнении топографо-геодезических работ.

Такие программно-технические решения можно использовать в широком перечне задач: экологический мониторинг, построение кадастровых систем, информационно-справочные, навигационные системы, решение проектных, природоохранных задач, оперативная выработка и принятие решений в чрезвычайных ситуациях, наблюдение за сельскохозяйственными угодьями, согласование данных и интересов различных ведомств и администраций, а также отдельных граждан и другие.

Базовые пространственные данные формируются в ходе работы с картографическими, геодезическими, кадастровыми и другими материалами, которые требуют постоянного мониторинга, обновления и переноса в электронный, растровый и векторный вид.

Основными видами таких сервисов можно выделить:

1. геопорталы, такие как: Google-Earth, портал Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр), Градостроительный атлас муниципального образования «Город Томск», и аналогичные.

Такая технология предоставления геопространственной информации в виде набора общедоступных векторных слоев и мозаика космических снимков в сети Интернет;

2. специальные сервисы на основе спецификаций и обменных протоколов (программного языка запросов), разрабатываемые различными компаниями и консорциумами. Спецификации «Открытого геопространственного консорциума» (Open Geospatial Consortium) (далее OGS), прошедшие официальные процедуры стандартизации и используемые ведущими разработчиками программного обеспечения геоинформационных систем (далее -ГИС);

3. информационные сервисы, на основе специального кода XML (eXtensible Markup Language), могут предоставить потребителю информацию

о рельефе (поверхностях земли), спецификация WCS (Web Coverage Service), координатную векторную и атрибутивную семантическую информацию, спецификация WFS (Web Feature Service) возвращает набор векторной информации, и растровые данные WMS (Web Map Service).

Web Map Service (WMS) – спецификация интерфейса картографических веб-служб, выдающих клиентскому приложению растровое изображение карты, сформированное на основе его запроса.

Web Feature Service (WFS) – другой вид картографической веб-службы, возвращающей, в отличие от WMS, набор векторных объектов.

ИСОГД Муниципального образования «Город Томск» обеспечивает свободный доступ к базовым пространственным данным через геопортал «Градостроительный атлас г. Томска» в сети Интернет в режиме on-line [3]. Геопортал интегрирован с открытыми ресурсами пространственных данных, как картографическими (OpenStreetMap), так и кадастровыми (Публичная кадастровая карта Росреестра). На основе результатов аэрофотосъемки территории в г. Томске создана 3D-цифровая модель местности, доступ к которой возможен через геопортал «Градостроительный атлас г. Томска». Подобная информация крайне востребована и создает условия для градостроителей, проектировщиков и управленцев существенно сократить время получения данных и достичь нового уровня работы с пространственной информацией.

Динамика современного развития информационных систем обеспечения градостроительной деятельности требует обеспечивать органы государственной власти и иных заинтересованных лиц данными о подземном пространстве, в том числе инженерно-геологических изысканий и другими информационными данными, необходимыми для осуществления градостроительной, оценочной [4], землеустроительной, инвестиционной и другой хозяйственной деятельности.

Результаты

Наиболее удобной для восприятия формой представления геоданных является 3D-модель, поэтому трехмерный кадастр уже используется и применяется в 24 странах Евросоюза. В России также ведутся разработки в области трехмерного представления пространственных данных, как в кадастровой системе, так и в информационных системах градостроительной деятельности в качестве пилотных проектов.

Так, в 2010 г. стартовал проект по созданию 3D-ГИС Ульяновской области, основная задача которого — интеграция картографической, кадастровой, реестровой и иной пространственно-инфраструктурной информации различных ведомств. Как ожидается, данная система должна принести экономический эффект прежде всего за счет налоговых поступлений от обнаруженных неучтенных земель и строений, сведения о которых отсутствуют в ЕГРН.

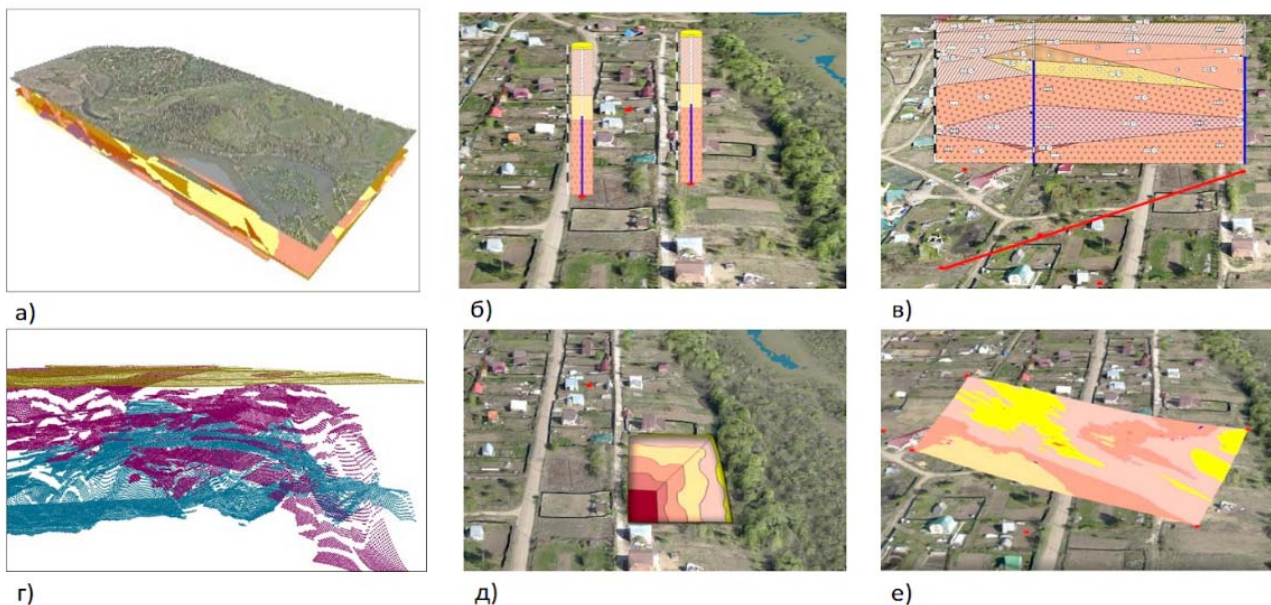
С мая 2010 г. по июнь 2012 г. в Российской Федерации разрабатывался российско-голландский проект «Создание модели трехмерного кадастра объектов недвижимости в России» на базе единственного пилотного региона — Ни-

жегородской области. В данном проекте принимали участие Министерство экономического развития РФ, Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, Федеральный кадастровый центр «Земля», Kadaster Нидерландов, Технологический университет Дельфта (TUD) и две частные голландские компании.

В Московской области была разработана геоинформационная система для г. Дубны, заказчиком которой является администрация наукограда. Цель создания ГИС Дубны — это обеспечение администрации города и других руководителей муниципальных структур комплексной, достоверной и актуальной картографической информацией с возможностью ее всестороннего анализа для оперативного принятия управленческих решений.

Проблема доступности и WEB-представления информации об элементах подземного пространства в настоящее время является актуальной научно-технической задачей и требует применения принципиально новых инструментов.

Проведенный анализ российского и международного [5-9] опыта по трехмерному геологическому моделированию длительно разрабатываемых месторождений, а также экспериментального проекта трехмерной компьютерной модели представления подземного пространства г. Москва [10] позволил разработать классификацию вариантов WEB-представления 3D-модели геологического строения территориального образования. Визуализация разработанной классификации была выполнена для фрагмента территории г. Томска, по результатам инженерно-геологических изысканий и представлена на рисунке.



Варианты WEB-представления подземного пространства.

- а)* куб литологии; *б)* геологическая колонка; *в)* продольный геологический разрез;
г) облака точек; *д)* проектный котлован; *е)* геологические горизонтальные срезы

Классификация WEB-представления подземного пространства включает в себя следующие виды:

а) «Куб литологии» [11-14]. Данный вид WEB-представления включает в себя одну или несколько трехмерных полигональных поверхностей которые накладываются друг на друга и представляют собой трехмерный рельеф.

б) «Геологическая колонка» [15-17]. Геологическая колонка представляет собой изображение залегания пород в плоскости вертикального сечения земной коры на заданную глубину.

в) Продольный геологический разрез [18]. Классическое отображение строения земной коры в вертикальной плоскости, которое позволяет осуществлять быстрый просмотр пород на различной глубине.

г) Облака точек - наиболее распространенный вид 3D-моделирования в мире. Согласно мнения Л. С. Райкова, С. С. Анисимов, А. Д. Петренко [19], с помощью данного вида визуализации можно не только создавать подробную трехмерную модель, но и оценивать проектное решение на всех этапах работ.

д) «Проектный котлован». Проектный котлован позволяет в геоинформационном пространстве сделать виртуальную раскопку и показать залегание пород в данной траншее, заглядывая сбоку, прямо в карте, с инструментами виртуального измерения и семантической информацией. Данный термина используется в работах С. Кирьякиди [20], Р. Ю. Жидкова [21], М. Н. Бучкина [10, 21], являющихся специалистами в области применения ГИС-технологий в 3D моделировании.

е) Геологические горизонтальные срезы, разрез Seiscrop или седиментационный срез по всему «Сейсмическому кубу 3D» [22]. Данный термин встречается в работах М. З. Мусагалиева, Брауна А. Р. [23], Т. Р. Ахмедова [24], М. В. Новикова [25]. Геологические горизонтальные срезы, является частным случаем геологической колонки – представление сечения по горизонтали территориального образования на заданную глубину (просмотр вида сверху).

Заключение

Значительные изменения в градостроительном кодексе в части содержания сведений информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и порядка их представления на единой электронной картографической основе требует применения принципиально новых инструментов для визуализации подземного пространства.

По результатам исследования было определено, что в РФ отсутствует практика web-представления подземного пространства территориального образования на геопорталах ИСОГД муниципальных образований. В настоящей статье предложена классификация видов трехмерного WEB-представления подземного пространства для целей развития геопорталов ИСОГД [26]. Однако для внедрения того или иного вида предложенного WEB-представления подземного пространства необходимо исходить из потребностей в такой информации заинтересованных лиц (инвесторы, строители, землепользователи и др.)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гатина Н.В., Козина М.В. Роль инженерных изыскания при разработке проектов планировки и межевания территории // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири, Томск, 2-7 апреля 2018 г. : в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2018. – Т. 1. – С. 613-615.
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 25.12.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. Градостроительный Атлас города Томска [Electronic resource]. – Mode of access : <http://map.admin.tomsk.ru> (дата обращения 29.03.2019).
4. Аврунев Е.И., Гатина Н.В., Козина М.В., Попов В.К. Трехмерная визуализация неблагоприятных природных условий для корректировки кадастровой стоимости земель // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. № 1. – С. 181-190.
5. Karabin, M. (2014). A concept of a model approach to the 3D cadastre in Poland – technical and legal aspects. Proceedings 4th International FIG 3D Cadastre Workshop, November, pp. 281 - 298.
6. Stoter, J., Ploeger, H. and Louwman, W. (2011). Registration of 3D Situations in Land Administration in the Netherlands. Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres, p. 319.
7. Tan, L. C. and Hussin, K. B. (2012). Towards e-government's 3D property. International Journal of Scientific and Engineering Research, 3(3), 1-10.
8. Ledoux, H., Meijers, M. Topologically consistent 3D city models obtained by extrusion//International Journal of Geographical Information Science.– 2011. – № 25(4). – P. 557-574.
9. Ying, S., Li, L., Guo, R. Building 3D cadastral system based on 2D survey plans with SketchUp//Geo-Spatial Information Science.– 2011. – № 14(2). – P. 129-136.
10. Жидков Р.Ю., Бучкин М.Н., Серов А.Ю. Трехмерная компьютерная модель подземного пространства как инновационный градостроительный инструмент // Жилищное строительство. 2017. № 5. – С. 30–33.
11. Сметанин А.Б., Щергин В.Г., Щергина Е.А. Особенности построения трехмерных геологических моделей в клиноформных отложениях на примере залежи горизонта БС10_2-3 Тевлинско-Русскинского месторождения // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа. – 2009. №21.
12. Дегтерев А.Ю., Кан В.Е. Актуальные проблемы геологического моделирования подземных хранилищ газа в водоносных пластах // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». – 2016. – №1 (25). – С 158–171.
13. Закревский К.Е. Геологическое моделирование 3D / К.Е. Закревский. – М.: ИПЦ «Маска», 2009. – 376 с.
14. Аржиловская Н.Г., Васильев М.О., Дручин В.С., Музыченко А.А. Построение модели литологии пласта АВ2 Покачёвского месторождения на основе комплексирования данных ГИС и сейсморазведки // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2013. №9. – С 56–59.
15. Иванова И.А. : учеб. Пособие. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – С 13–15.
16. Бекман А.Д. Некоторые подходы к построению трехмерных моделей поля песчаности с использованием априорной информации в виде двумерных карт // Математическое

и информационное моделирование : Сборник статей. Тюмень: издательство «Вектор-Бук. – 2004. С 25–40.

17. Черников А.Г., Матушкин М.Б., Дегтерев А.Ю. 3D-моделирование петрофизических свойств сложнопостроенных объектов подземного хранения газа на основе алгоритма не-четких марковских последовательностей // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». – 2016. – №1 (25). – С 148–158.

18. Чернова И.Ю., Нугманов П.П. Построение геолого-геофизических разрезов произвольной формы в среде ARCGIS. Методическое пособие. Казань. 2013. – С.20.

19. Райкова Л.С., Анисимов С.С., Петренко А.Д. 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений // Журнал «САПР и ГИС автомобильных дорог». – 2014. №1(2). – С 20 – 24.

20. Кирьякиди С. AutoCAD Civil 3D: Пять примеров внедрения при создании инфраструктуры Олимпийских игр в Сочи [Electronic resource]. – Mode of access : http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16726 (дата обращения: 23.03.2019).

21. Жидков. Р.Ю. Методика инженерно-геологического обоснования строительства высотных зданий на этапе градостроительного проектирования с применением ГИС-технологий (на примере г. Москвы) // Инженерные изыскания 2011 - № 8. С. 48-58.

22. Пухарев В.А. Методические приемы седиментационного анализа при интерпретации данных сейсморазведки 3D // Издательство: ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство» (Москва). 2011. № 11. – С. 22-23.

23. Браун А.Р. Интерпретация данных трехмерной сейсморазведки // Издание The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa. – 1990. №3. – С 514.

24. Ахмедов Т.Р. О геологической эффективности сейсморазведки при изучении неантиклинальных ловушек азербайджана разного типа // Известия УГГУ. 2016. Вып. 3(43). – С. 41–45.

25. Новикова М.В. Роль сейсморазведочных работ 3D в разведке и подготовке информации для создания геологической модели на примере старо-кадеевского месторождения // Научно-технический журнал Георесурсы. 2002. Вып. 3(11). – С 4–6.

26. Карпик А.П., Хорошилов В.С. Сущность геоинформационного пространства территорий как единой основы развития государственного кадастра недвижимости // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – №2/1. – С. 134-136.

© Н. В. Гатина, 2019