

УДК 528.94:004.356.2

DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-1-72-82

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК 3D-ПЕЧАТИ ПРИ СОЗДАНИИ ТАКТИЛЬНЫХ КАРТ И ПЛАНОВ

Юлия Николаевна Андрюхина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант кафедры картографии и геоинформатики, тел. (999)466-00-90, e-mail: andryukhina.yuliya@yandex.ru

Технологии моделирования и 3D-печати стремительно внедряются во многие отрасли производства, дополняя или даже вытесняя традиционные методы, и позволяют получать новые результаты в различных сферах. Исследования и разработки, основанные на применении трехмерной печати, не обошли стороной и тактильную картографию, что вполне ожидаемо, учитывая саму сущность тактильного восприятия – осязание рельефа изучаемой поверхности.

В статье рассмотрена возможность использования 3D-печати при создании карт и планов, предназначенных для людей с ограничением зрительной функции. Автором анализируются дефекты печати, возникающие при изготовлении на трехмерных принтерах образцов рельефной графики. Приводятся результаты исследования по восприятию незрячими тактильной графики, созданной на 3D-принтере.

Ставится задача исследования возможности использования методов геоинформационного картографирования в области тактильной картографии для целей автоматизации процесса создания тактильных картографических произведений.

Ключевые слова: тактильная картография, ограничение зрительной функции, условные обозначения, рельефная графика, тактильное восприятие, ассистивные устройства и технологии, 3D-печать.

Введение

Карта издревле является одним из главных средств познания мира. Незрячие люди познают мир преимущественно через тактильное восприятие, поэтому для человека с нарушением зрительного аппарата карта должна быть особенной. В наши дни электронные ассистивные устройства и технологии, адаптированные для незрячих пользователей, дополняют аналоговые картографические материалы – тактильные карты, которые с появлением новых видов и материалов печати не утратили свою значимость и востребованность [1–4].

Тактильные карты – это специальные карты, которые предназначены для людей с ограничением зрительной функции и отличаются от обычных карт тем, что

все условные знаки на них являются рельефными (выпуклыми), а подписи выполняются в системе Брайля. Вопросами проектирования и создания таких карт занимается специальный раздел общей картографии – тактильная картография.

Мировой фонд тактильных карт представлен в основном общегеографическими картами и планами крупных масштабов. Также разрабатываются тактильные атласы, которые являются комплексными произведениями, где кроме общегеографической представлена различная тематическая информация. Создание тактильных атласов получило развитие с 1950-х гг., но первый тактильный атлас был создан еще в середине XIX в. (рис. 1).

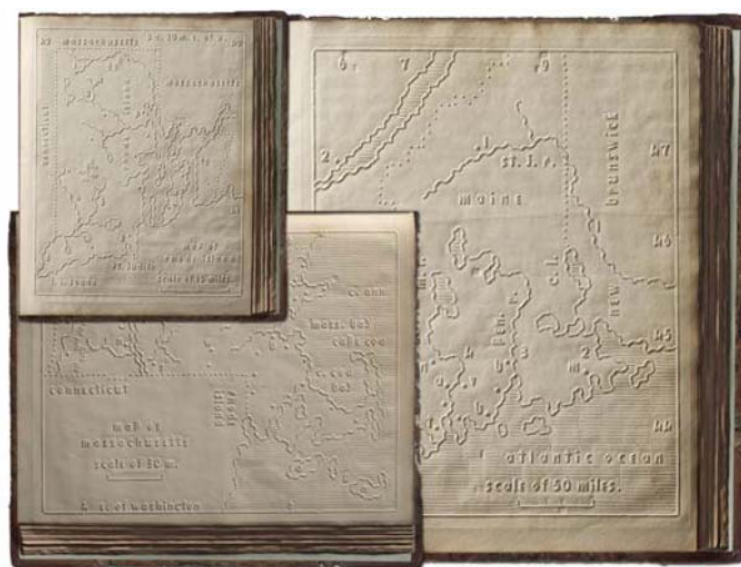


Рис. 1. Первый тактильный атлас

Нашли свое применение и тифлоглобусы, которые более наглядно представляют форму земного шара. Все отображаемые на тифлоглобусах текстовые данные выполнялись с использованием рельефно-точечного шрифта Брайля (рис. 2). В тот период преобладали трудоемкие ручные процессы изготовления тифлоглобусов, их поверхность изготавливалась из плотной бумаги или картона.

Сегодня тактильные карты создаются методом печати на микрокапсульной бумаге, которая под воздействием температуры способна образовывать рельефное изображение, обозначения комбинируются с цветной печатью.

С развитием технологии 3D-печати [5–7] появляется потенциальная возможность создавать тактильные карты и планы из пластика с использованием 3D-принтера, однако методика применения аддитивных технологий в тактильной картографии до сих пор не разработана. В чем же преимущество таких карт по сравнению с картами, напечатанными на микрокапсульной бумаге? Главное достоинство – это долговечность, ведь карты, напечатанные на бумаге, быстро изнашиваются – тактильные условные обозначения теряют четкие контуры и перестают тактильно распознаваться незрячими людьми.



Рис. 2. Тифлоглобус

В связи с этим необходимо выполнить комплексное исследование по применению аддитивных технологий в тактильной картографии.

Материалы и методы исследования

Цель исследования – изучить возможность использования 3D-печати для получения тактильных карт и планов с применением разных видов пластика.

Задачи исследования.

1. Исследовать и выявить оптимальные температурные характеристики печати пластиком на 3D-принтере тактильных карт и планов с достаточной для восприятия незрячими точностью.

2. Выявить, какой вид пластика – ABS, PLA или Watson – воспринимается незрячими лучше (на основе правильного определения ими условных знаков) при изучении тактильного плана сквера Славы г. Новосибирска.

3. Провести сравнительный анализ восприятия идентичных условных знаков, напечатанных на микрокапсульной бумаге и пластиком на 3D-принтере.

4. Исследовать восприятие тактильных условных знаков в зависимости от их высоты.

Сегодня на рынке представлены различные модели 3D-принтеров с широким спектром технических характеристик, которые в значительной степени могут влиять на точность тактильных карт и планов. К таким характеристикам можно отнести: диаметр нити пластика, диаметр сопла, количество экструдеров (печатающих головок), максимальную температуру нагрева стола и экструдера, температуру плавления пластика и многое другое.

В результате проведенного анализа имеющихся 3D-принтеров и их характеристик для печати тактильных материалов был выбран принтер со следующими техническими характеристиками:

- диаметр нити пластика – 3 мм;
- максимальная температура нагрева стола 3D-принтера – 120°;
- максимальная температура нагрева экструдера – 300°;
- количество экструдеров для одновременной печати несколькими цветами – 3 шт.;
- максимальная область печати принтера 400 × 300 × 300 мм;
- максимальная скорость печати 120 мм/с.

Выбор данного принтера обусловлен, во-первых, максимально возможной площадью печати, так как один из рекомендуемых размеров, которые необходимо использовать для создания тактильных материалов, – 300 × 300 мм, во-вторых, возможностью печати несколькими цветами одновременно – что позволит создавать материалы не только для незрячих людей, но и для слабовидящих, и в-третьих, данный принтер обладает достаточно большим диапазоном температур плавления пластика.

Для изучения технических характеристик принтера были разработаны и напечатаны пробные образцы, в виде моделей. При исследовании печати пробных образцов моделей объектов были выявлены следующие дефекты печати и определены причины их возникновения (рис. 3):

- *щели между наполнением и контуром* – дефект возникает, если в параметрах печати задан низкий процент наполняемости фигуры;
- *царапины* – возникают в результате неверной юстировки экструдеров 3D-принтера;
- *перегрев пластика* – возникает в результате неверно заданной температуры плавления пластика или температуры нагрева стола 3D-принтера (температура выше необходимой);
- *неравномерное экструдирование* – излишки пластика, которые появляются в результате неверно заданной температуры плавления пластика (температура выше необходимой);
- *загибающиеся углы и края фигур* – дефект возникает в результате слишком быстрого плавления пластика, если задана высокая температура плавления пластика;
- *излишнее экструдирование пластика* – возникает в результате быстрого плавления пластика (слишком высокая температура плавления пластика);
- *пластиковые нити* – дефект возникает в результате печати чересчур мелких деталей для конкретной модели 3D-принтера, точность принтера недостаточная для печати подобных моделей;
- *расслоение модели* – возникает, если в параметрах печати задана недостаточно высокая температура плавления пластика и нагрева стола 3D-принтера;
- *излишки пластика* – дефект возникает в результате высокой температуры плавления пластика, заданной в настройках печати 3D-принтера.

В дальнейшем, при изготовлении разработанных образцов тактильных планов, причины рассмотренных дефектов 3D-печати были устранены.

В рамках разработки методики 3D-печати тактильных карт и планов была подготовлена модель тактильного плана сквера Славы г. Новосибирска. В проведенных ранее исследованиях [8–24] было выявлено, что рельефно-графические материалы воспринимаются людьми с ограничением зрительной функции по-разному, это зависит от ряда факторов: пол, возраст, когда было потеряно зрение, степень владения азбукой Брайля [22, 24]. Поэтому логично предположить, что разные виды пластика, также будут восприниматься незрячими по-разному, так как каждый пластик имеет различные температурные характеристики при печати, это и будет исследовано далее.

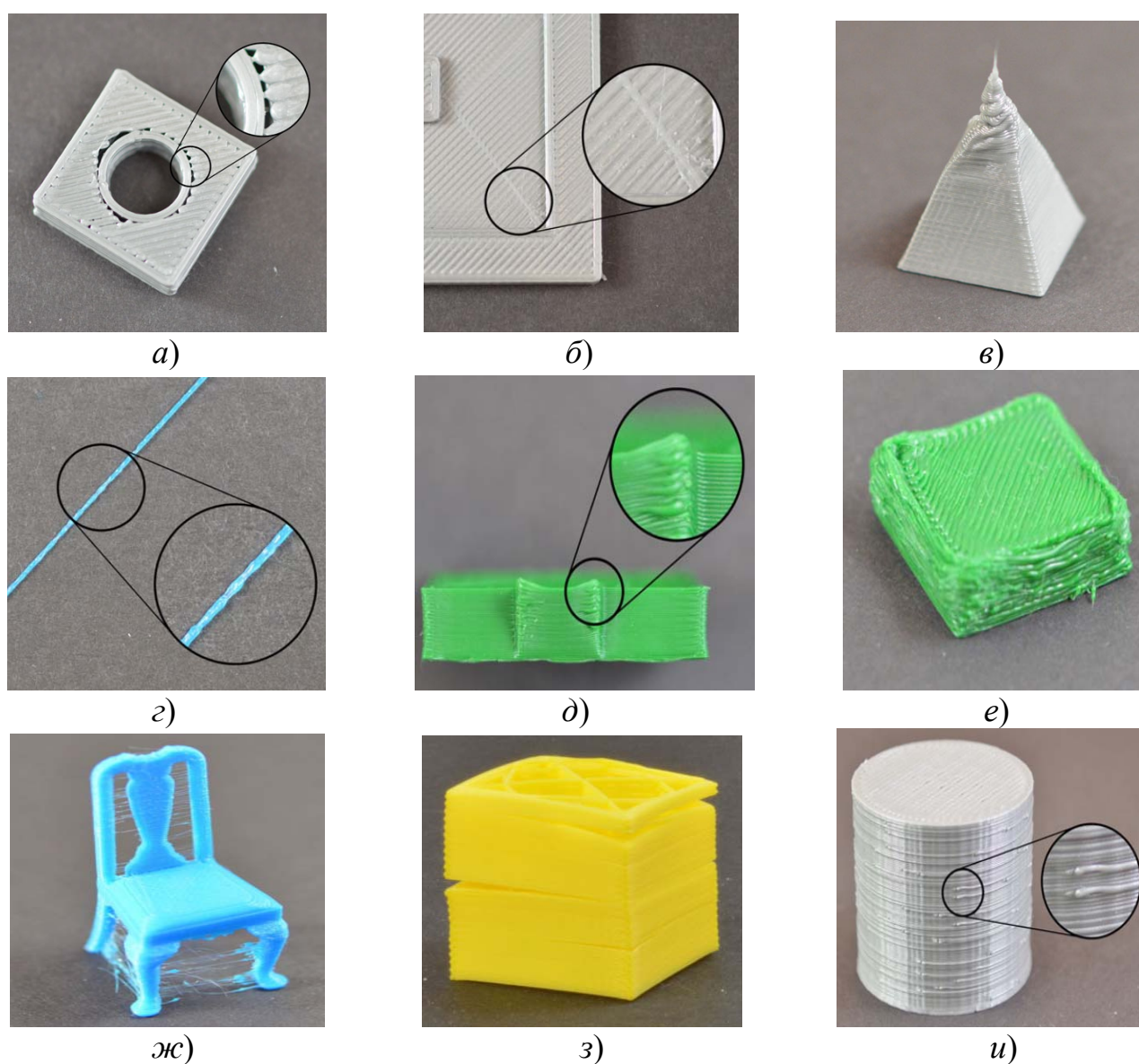
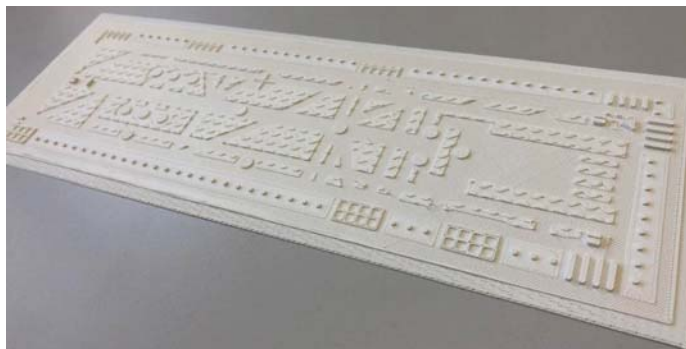


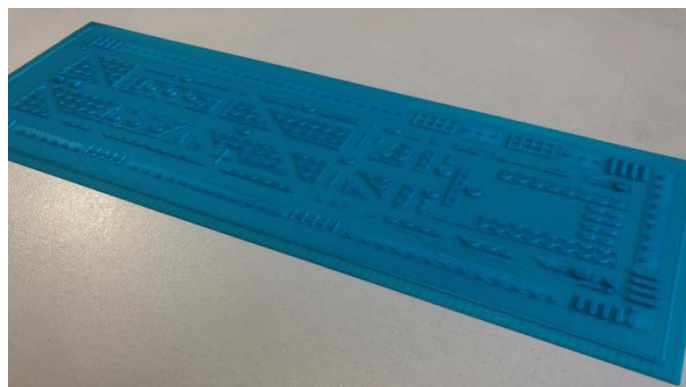
Рис. 3. Дефекты печати на пластике [20]:

a) щели между наполнением и контуром; *б)* царапины; *в)* перегрев пластика; *г)* неравномерное экструдирование; *д)* загибающиеся углы и края; *е)* излишнее экструдирование пластика; *жс)* пластиковые нити; *з)* расслоение модели; *и)* излишки пластика

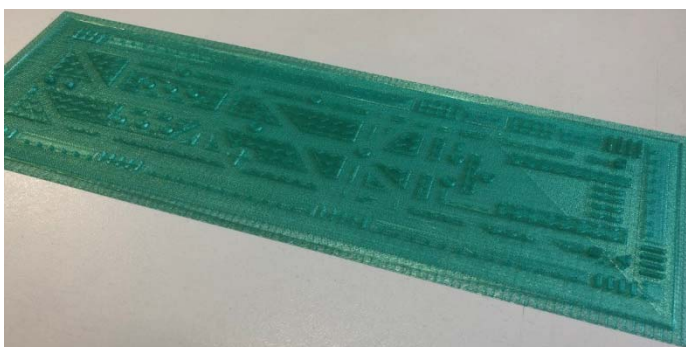
Для изучения вопроса различного тактильного восприятия в зависимости от вида пластика была напечатана модель тактильного плана сквера Славы г. Новосибирска с использованием трех видов пластика: ABS, PLA, Watson, (рис. 4).



а)



б)



в)

Рис. 4. Образец тактильного плана, напечатанный пластиком на 3D-принтере:
а) ABS; б) PLA; в) Watson

В исследовании по восприятию тестовых образцов тактильного плана приняли участие читатели Новосибирской областной библиотеки для незрячих и слабовидящих. Гендерный состав тестируемой группы: 73 % женщин и 27 % мужчин. Средний возраст тестируемых составил 33 года.

Полученные результаты

По результатам проведенного исследования были:

- исследованы и выбраны температурные параметры для печати пластиками различных видов с достаточной точностью для успешного восприятия незрячими (таблица);
- определен вид пластика для печати тактильных картографических материалов – Watson (в результате проведения исследования данный вид пластика успешно распознали около 70 % тестируемых);
- подтверждены ранее проведенные исследования по восприятию рельефной графики, напечатанной на микрокапсульной бумаге [22–24] и исследования тифлопедагога А. Г. Литвака [25, 26];
- по результатам исследования доказано, что условные знаки, примененные на тестовом образце тактильного плана на территорию сквера Славы г. Новосибирска тактильно распознаются более чем 70 % тестируемых, следовательно, эти условные обозначения можно использовать для создания тактильных картографических материалов;
- в результате проведенного анализа обнаружено, что минимальная высота условных знаков, полученных аддитивными методами, должна равняться 2 мм.

Температурные параметры печати для пластиков видов: ABS, PLA, Watson

Вид пластика	Температура плавления пластика, °С	Температура нагрева стола принтера, °С	Скорость печати, мм/с
PLA	210	50	45
ABS	240	90	15
Watson	240	45	15

Заключение

В ходе проведенного исследования получены данные для дальнейшего совершенствования общей технологической схемы создания тактильных карт и планов. Исследована и доказана возможность использования 3D-печати для создания тактильных карт и планов. Исследованы температурные режимы 3D-печати пластиками и выбран наиболее подходящий тип пластика и оптимальные температурные режимы для него.

В настоящее время в картографии главенствующие позиции занимает геоинформационное картографирование. Географические информационные системы представляют собой мощнейшие цифровые инструменты для организации пространственных данных, их анализа, моделирования происходящих в пространстве процессов, а также визуализации географической информации, пространственных моделей и процессов. В дальнейших исследованиях необходимо рассмотреть возможность использования методов геоинформационного карто-

графирования в области тактильной картографии для целей автоматизации создания тактильных картографических материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агилера Дельгадо Т. П. Развитие тактильной картографии за рубежом // Геодезия и картография. – 2009. – № 1. – С. 28–30.
2. Ермаков В. П. Графические средства наглядности для слабовидящих : учеб. пособие. – М. : ВОС, –1988. – 20 с.
3. Набокова Л. А. Современные ассистивные устройства для лиц с нарушениями двигательного аппарата // Дефектология. – 2009. – № 4. – С. 73–80.
4. Соколов В. В. Эволюция тифлоинформационных средств // Дефектология / Ред. Н. Н. Малофеев, И. А. Коробейников. – 2009. – № 5. – С. 57–63.
5. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Пользовательский сегмент единого территориального геоинформационного пространства // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 89–100.
6. Лисицкий Д. В. Картографическое отображение трехмерных моделей местности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 98–102.
7. Atoyán Ruben, German A. New Technologies in 3-D Mapping // Buletin of Geography. Physical Geography Series. – 2017. – No. 12 – P. 31–40.
8. Lobben A. Influence of Data Properties on Animated Maps to appear in Annals of the Association of American Geographers [Электронный ресурс] // Journal Annals of the Association of American Geographers. – London, 2008. – Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/000456008.02046577>.
9. Lobben A., Patton D. Design Guidelines for Digital Atlases // Cartographic Perspectives. – Milwaukee, 2003. – No. 44. – P. 51–62.
10. Lobben A. Navigational map reading: Predicting performance and identifying relative influence of map-related abilities [Электронный ресурс] // Annals of the Association of American Geographer – Malden. 2007. – Режим доступа: http://geog.uoregon.edu/geocog/information/library/lobben_07_navigational.pdf – Загл. с экрана.
11. MacEachren A. How maps work: representation, visualization, and design. – New York: The Guilford Press, 1995. – P. 513.
12. Lawrence M. M., Lobben A. The design of tactile thematic symbols // Journal of Visual Impairment and Blindness. – Arlington, 2011. – No. 105 (10). – P. 681–691.
13. Guidelines and Standards for Tactile Graphics [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://brailleauthority.org/tg/web-manual/>. – Загл. с экрана.
14. Hagood L. A standard tactile symbol system: Graphic language for individuals who are blind and unable to learn braille. SEE/HEAR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tsbvi.edu/Outreach/seehear/archive/tactile.html. – Загл. с экрана.
15. Hagood L. A standard Tactile Symbol System: Graphic Language for Individuals who are Blind and Unable to Learn Braille. Life Skill Department, Texas School for the Blind and Visually Impaired [Электронный ресурс] // Life Skill Department, Texas School for the Blind and Visually Impaired. – Режим доступа: [from https://www.tsbvi.edu/selected-resource-topics](https://www.tsbvi.edu/selected-resource-topics) – Загл. с экрана.
16. Lawrence M. M., Lobben A. The design of tactile thematic symbols // Journal of Visual Impairment and Blindness. – Arlington, 2011. – No. 105 (10). – P. 681–691.
17. Foundations of orientation and mobility / editors Bruce B. Blasch, William R. Wiener, Richard L. Welsh. – second edition. – N-Y: AFB press, 1997. – P. 284–316.
18. Медведев А. А., Алексеенко Н. А., Васев М. К., Тактильный атлас Москвы – комплексное картографическое произведение для незрячих // Геодезия и картография. – 2016. – № 7. – С. 8–14.

19. Игумнов А. Ю. Особенности тактильного восприятия рельефной графики у людей с ограниченными возможностями зрения // Сборник материалов 53-й Международной научной студенческой конференции «Психология». – Новосибирск : НГУ, 2015. – С. 89–90.
20. Техно 3D [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://3dpt.ru/page/faq>. – Загл. с экрана.
21. Пошивайло Я. Г., Лесневский Ю. Ю., Андрияшина Ю. Н., Разработка условных знаков для серии тактильных карт субъектов Российской Федерации // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. – 2016. – С. 90–96.
22. Пошивайло Я. Г., Андрияшина Ю. Н. Исследование особенностей восприятия тактильных условных знаков школьниками с ограничением зрительной функции // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 78–83.
23. Пошивайло Я. Г., Дмитриев Д. В., Лесневский Ю. Ю. Современное состояние и перспективы развития тактильной картографии // ИнтерКарто – Интер-ГИС-2014 «Устойчивое развитие территорий: картографо-информационное обеспечение» : сб. материалов Международной конференции (г. Белгород, 23–24 июля 2014 г.). – Белгород : БГНИУ 2014. – С. 607–609.
24. Андрияшина Ю. Н., Пошивайло Я. Г., Ананьев В. А. К вопросу разработки типовой методики создания тактильных карт // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79, № 11. – С. 25–33.
25. Литвак А. Г. Психология слепых и слабовидящих. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 1998. – 271 с.
26. Литвак А. Г. Тифлопсихология : учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. Дефектология. – М. : Просвещение, 1985. – 264 с.

Получено 16.01.2019

© Ю. Н. Андрияшина, 2019

USING OF MODERN 3D PRINTING METHODS FOR CREATING OF TACTILE MAPS AND PLANS

Yuliya N. Andryukhina

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (999)466-00-90, e-mail: andryukhina.yuliya@yandex.ru

Modeling technologies and 3D printing are rapidly implemented into many branches of production, they displace traditional methods and allow obtaining new results in different fields. Research and development, based on the use of three-dimensional printing, have not bypassed tactile cartography, which is expected, considering the very essence of tactile perception – the touch of the relief of the studied surface.

The article discusses the possibility of using 3D printing for creating of maps and plans intended for people with limited visual function. The author analyzes printing defects that occur during the manufacture of relief graphics on three-dimensional printers. The author gives the results of the study on the perception by the unseeing of tactile graphics created on a 3D-printer.

The task is to study the possibility of using methods of geographic information mapping in the field of tactile cartography to automate the creating process of tactile maps and plans.

Key words: tactile cartography, visual function limitation, legend, relief graphics, tactile perception, assistive tools and technologies, 3D printing.

REFERENCES

1. Agilera Delgado, T. P. (2009). Development of tactile cartography abroad. *Geodeziya i kartografiya. [Geodesy and Cartography]*, 1, 28–30 [in Russian]
2. Ermakov, V. P. (1988). *Graficheskie sredstva naglyadnosti dlya slabovidyashchih [Graphic means of visualization for the visually impaired]*. Moscow: VOS Publ., 20 p. [in Russian]
3. Nabokova, L. A. (2009). Modern Assistive Devices for Persons with Mobility Disorders. *Defektologiya [Defectology]*, 4, 73–80 [in Russian]
4. Sokolov V.V. (2009). The evolution of typhlo-media. N. N. Malofeev, & I. A. Korobejnikov (Eds.). *Defektologiya [Defectology]*, 5, 57–63 [in Russian]
5. Lisitsky, D. V., & Kazko, S. J. (2016). User segment a single territorial geoinformation space. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(36), 89–100 [in Russian].
6. Lisitsky, D. V. (2012). Mapping of three-dimensional terrain models. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i kartografiya [Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 2/1, 98–102 [in Russian].
7. Atoyán Ruben, & German A. (2017). New Technologies in 3-D Mapping. *Buletin of Geography. Physical Geography Series*, 12, 31–40.
8. Lobben, A. (2008). Influence of Data Properties on Animated Maps to appear in Annals of the Association of American Geographers. *Journal Annals of the Association of American Geographers*. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/000456008.02046577>.
9. Lobben, A., & Patton, D. (2003). Design Guidelines for Digital Atlases. *Cartographic Perspectives*, 44, 51–62.
10. Lobben, A. (2007). Navigational map reading: Predicting performance and identifying relative influence of map-related abilities. *Annals of the Association of American Geographer*. Retrieved from http://geog.uoregon.edu/geocog/information/library/lobben_07_navigational.pdf.
11. MacEachren, A. (1995). *How maps work: representation, visualization, and design*. New York: The Guilford Press, 513 p.
12. Lawrence, M. M., & Lobben, A. (2011). The design of tactile thematic symbols. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 105(10), 681–691.
13. Guidelines and Standards for Tactile Graphics. (2017). Retrieved from <http://brailleauthority.org/tg/web-manual/>.
14. Hagood, L. A standard tactile symbol system: Graphic language for individuals who are blind and unable to learn braille. SEE/HEAR. (n. d.). Retrieved from www.tsbvi.edu/Outreach/seehear/archive/tactile.html.
15. Hagood, L. (n. d.). A Standard Tactile Symbol System: Graphic Language for Individuals who are Blind and Unable to Learn Braille. Life Skill Department, Texas School for the Blind and Visually Impaired. Life Skill Department, Texas School for the Blind and Visually Impaired. Retrieved from <https://www.tsbvi.edu/selected-resource-topics>.
16. Lawrence, M. M., & Lobben, A. (2011). The design of tactile thematic symbols. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 105(10), 681–691.
17. Blasch, B. B., Wiener, W. R., & Welsh, R. L. (1997). *Foundations of orientation and mobility* (2nd ed.) (pp. 284–316). N-Y: AFB press.
18. Medvedev, A. A., Alekseenko, N. A., & Vasyov, M. K. (2016). Tactile Atlas of Moscow a complex cartographic product for the blind. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 7, 8–14 [in Russian].
19. Igumnov, A. Yu. (2015). Features of tactile perception of relief graphics in people with visual disabilities. In *Sbornik materialov 53-j Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii: Psihologiya [Proceedings of the 53rd International Scientific Student Conference: Psychology]* (pp. 89–90). Novosibirsk: NSU Publ. [in Russian]
20. Tehno 3D. (2019). Retrieved from <https://3dpt.ru/page/faq> [in Russian].

21. Poshivaylo, Ya. G., Lesnevskii, Yu. Yu., & Andryukhina, Yu. N. (2016). Development of Conventional Symbols for a Series of Tactile Maps of the Subjects of the Russian Federation. In *Geoinformacionnoe obespechenie prostranstvennogo razvitiya Permskogo kraja [Geoinformational Support of the Spatial Development of the Perm Territory]* (pp. 90–96) [in Russian].
22. Poshivaylo, Ya. G., & Andryukhina, Yu. N. (2017). The study of the characteristics of the perception of tactile symbols by schoolchildren with limited visual function. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2017: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 4. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2017: International Scientific Conference: Vol. 4. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 78–83). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
23. Poshivaylo, Ya. G., Dmitriev, D. V., & Lesnevskii, Yu. Yu. (2014). State of the Art and Prospects for the Development of Tactile Cartography. In *Sbornik materilov InterKarto–Inter-GIS-2014: Mezhdunarodnoj konferencii "Ustojchivoe razvitie territorij: kartografo-informacionnoe obespechenie" [Proceedings of InterCarto-Inter-GIS-2014: the International Conference "Sustainable Development of Territories: Cartographic and Informational Support"]* (pp. 607–609). Belgorod: BGNIU Publ. [in Russian].
24. Andryukhina, Yu. N., Poshivailo, Ya. G., & Anan'ev, V. A. (2018). Methodical principles of tactile map symbols appearance and layout of tactile maps *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 79(11), 25–33 [in Russian].
25. Litvak, A. G. (1998). *Psihologiya slepyh i slabovidyashchih [Psychology of the Blind and Visually Impaired]*. St. Petersburg: RGPU A. I. Gercena Publ., 271 p. [in Russian].
26. Litvak, A. G. (1985). *Tiflopsihologiya [Tiflopsychology]*. Moscow: Prosveshchenie, Publ., 264 p. [in Russian].

Received 16.01.2019

© Yu. N. Andryukhina, 2019