

На правах рукописи

Андрюхина Юлия Николаевна



Разработка методики создания тактильных карт
с применением геоинформационных систем и аддитивных технологий

25.00.33 – Картография

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Новосибирск – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ).

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Пошивайло Ярослава Георгиевна.

Официальные оппоненты:

Бешенцев Андрей Николаевич, доктор географических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий лабораторией геоинформационных систем;

Крылов Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), доцент кафедры картографии.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет (г. Пермь).

Защита состоится 26 ноября 2019 г. в 15-00 на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»: <https://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/andruhina-yuliya-nikolaevna/>

Автореферат разослан 7 октября 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Дубровский Алексей Викторович

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 23.09.2019 Формат 60 × 84 1/16.
Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 119.
Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плеханова, 10.
Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плеханова, 8.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одним из ключевых направлений социальной политики Российской Федерации является устранение социальной разобщенности между гражданами с ограниченными возможностями здоровья и гражданами, не имеющими таких ограничений. Важную роль в процессе интеграции общества играет повышение уровня доступности объектов городской среды.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 17.03.2011 № 175, в нашей стране реализуется государственная программа «Доступная среда», рассчитанная на 2011–2025 гг. Данная программа направлена на обеспечение независимости маломобильных групп населения – граждан, которые испытывают трудности при самостоятельном передвижении и ориентировании, получении информации и услуг.

К маломобильным группам населения относятся, в том числе, незрячие и слабовидящие люди, которых в России насчитывается более 218 тысяч человек. Большое число граждан с нарушением зрительной функции свидетельствует о том, что для их адаптации в обществе необходимо активно использовать возможности современных технологий и на их основе разрабатывать и внедрять в массовое производство ассистивные средства.

Одним из востребованных ассистивных средств для людей с ограничением зрительной функции являются рельефно-графические пособия, в том числе тактильные карты и планы, которые играют важную роль в обучении и социальной адаптации незрячих и слабовидящих граждан. Вопросами создания тактильных карт занимается специальный раздел картографии – тактильная картография, которая активно развивается вместе с развитием науки и технологий.

В настоящее время изготовление рельефно-графических материалов, в том числе тактильных карт и планов, выполняется с использованием успешно зарекомендовавших себя методов: печать на микрокапсульной рельефообразующей бумаге и УФ-отверждаемыми чернилами. Однако такие материалы недолговечны в использовании – микрокапсульная бумага быстро изнашивается, а релье-

еф, образованный УФ-отверждаемыми чернилами на пластике, имеет тенденцию крошиться. В связи с этим назрела необходимость разработки методики изготовления тактильных карт с применением современных технологий и новых материалов, а именно геоинформационных систем и аддитивных технологий. С использованием геоинформационных систем возможно автоматизировать преобразование цифровых карт в трехмерные модели тактильных картографических материалов, а аддитивные технологии позволят печатать такие модели на износостойчивом материале – пластике.

Таким образом, необходимо разработать методику создания тактильных картографических произведений, которая бы позволила повысить их точность, информативность, долговечность использования без ухудшения тактильного восприятия графических объектов и автоматизировать их производство.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие тактильной картографии внесли российские ученые: Литвак А. Г., Ермаков В. П., Пошивайло Я. Г., Набокова Л. А., Медведев А. А., Дружинина Л. А., Одинокова Н. А., Новиков А. К., Петров Ю. И. В развитие тактильной картографии также вносят вклад государственные бюджетные учреждения, такие как государственное бюджетное учреждение культуры Новосибирской области «Новосибирская областная специальная библиотека для незрячих и слабовидящих» (г. Новосибирск), директор Лесневский Ю. Ю. и Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение культуры «Государственная библиотека для слепых и слабовидящих», директор Устинова О. Ю. Среди зарубежных ученых в области тактильной картографии можно выделить работы Lobben A., Bogart D., Blades M., Bentzen B. L., Chang D., Chen D., Downing J. E., Gual J., Jehoel S., Lambert L., Lawrence M. M., Perkins C., Rowland C., Ungar S., Wetzell R., Xiangkui Ya.

Значительный вклад в развитие геоинформационного картографирования внесли российские и зарубежные ученые: Берлянт А. М., Лурье И. К., Бешенцев А. Н., Кошкарев А. В., Тикунов В. С., Пьянков С. В., Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Цветков В. Я., Томсон П. В., Peter A., Coulson M. R., Chandra A. M.

Цель и задачи научного исследования. Целью диссертационной работы является разработка методики создания тактильных карт с применением геоинформационных систем и аддитивных технологий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– проанализировать современное состояние ассистивных средств и технологий, тактильной картографии, существующих методик и технических средств создания рельефной графики;

– разработать систему условных обозначений для применения на тактильных картах и планах и рекомендации по ее использованию;

– выполнить экспериментальные исследования по тактильному восприятию разработанной системы условных обозначений;

– разработать методику создания тактильных карт и планов с применением геоинформационных систем и аддитивных технологий;

– разработать алгоритм и на его основе программный модуль, преобразующий цифровые картографические данные из среды геоинформационных систем в трехмерные модели тактильных карт и планов с апробированными условными знаками для последующей печати на 3D-принтере.

Объектом исследования являются тактильные карты.

Предметом исследования является методика создания тактильных карт и планов с использованием геоинформационных систем и аддитивных технологий.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

– на основании проведенного экспериментального исследования разработана система условных обозначений для тактильных карт и планов, распознаваемая различными категориями незрячих и слабовидящих людей вне зависимости от их физиологических особенностей;

– разработана методика создания тактильных карт и планов, основанная на применении геоинформационных систем и 3D-печати, которая позволяет обеспечить незрячих и слабовидящих людей качественной картографической продукцией;

– предложен алгоритм генерализации и преобразования цифровых картографических данных в трехмерные модели тактильных карт, с учетом особенностей тактильного восприятия рельефно-графического изображения незрячими и слабовидящими людьми.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость диссертации заключается в обосновании разработки системы условных обозначений для использования на тактильных картах. Разработана методика использования геоинформационных систем и аддитивных технологий в тактильной картографии, которая обеспечивает автоматизированное создание тактильных карт или планов с заданной точностью и детальностью для восприятия незрячими и слабовидящими людьми.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты научного исследования по заявленной тематике применены на практике при создании тактильных карт и планов для использования незрячими и слабовидящими людьми. При этом тактильные карты создаются на базе геоинформационных систем и современных методов 3D-печати. Апробация разработанной методики выполнена с использованием пластиков ABS, PLA и Watson с привлечением незрячих и слабовидящих людей. Результаты апробации доказали возможность успешного применения разработанной методики для производства тактильных карт различной тематики и масштабов.

Методология и методы исследования. При выполнении исследований использованы методы геоинформационного картографирования и трехмерного моделирования. Экспериментальные исследования выполнены с применением 3D-принтера CreatBot 3-extruder и программного обеспечения ArcGIS Pro (версия 2.2.4), разработанного компанией ESRI.

Положения, выносимые на защиту:

– методика создания тактильных карт и планов с применением аддитивных технологий и геоинформационных систем, удовлетворяющая требованиям, необходимым для успешного восприятия незрячими и слабовидящими людьми тактильных картографических произведений;

– разработанная система условных обозначений может быть применена для создания тактильных карт, используемых различными категориями незрячих и слабовидящих людей, независимо от их физиологических особенностей;

– атрибуты объектов цифровых карт из атрибутивных таблиц геоинформационных систем могут быть представлены на тактильной карте в виде подписей, выполненных шрифтом Брайля. Шрифт Брайля, полученный из атрибутивных таблиц геоинформационных систем, согласно разработанным правилам, распознается тактильно незрячими людьми.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тематика диссертации соответствует следующим областям исследований: 5 – Новые методы составления и проектирования, новые виды и типы тематических и кадастровых карт и атласов; 8 – Оформление картографических произведений, картографический дизайн; 9 – Геоинформационное картографирование и компьютерные технологии паспорта научной специальности 25.00.33 – Картография, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России по техническим наукам.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Апробация полученных результатов выполнена на базе ООО «Дата Ист» и государственного бюджетного учреждения культуры Новосибирской области «Новосибирская областная специальная библиотека для незрячих и слабовидящих».

Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на Межрегиональной научно-практической конференции «Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края» (2016 г., Пермь), Международных научных конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (2017, 2018, 2019 гг., Новосибирск), 24-й и 25-й Международных конференций ESRI в России и СНГ (2018, 2019 гг., Москва), Международной научно-методической конференции «Актуальные вопросы образования. Современные тренды непрерывного образования в России» (2019 г., Новосибирск), в рамках IX Международной школы ассистивных услуг «Современная библиотека – территория социальной инженерии» (2019 г., Новосибирск).

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в девяти научных статьях, из них три – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 139 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы, включающего 177 наименований, содержит 9 таблиц, 88 рисунков и 3 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность темы, сформулированы цель, задачи, объект и предмет исследования, представлены сведения об апробации результатов работы, ее структура, а также положения, выносимые на защиту.

В первом разделе диссертационной работы представлен анализ современного состояния ассистивных средств для незрячих и слабовидящих людей и выбрано направление для дальнейших исследований в области тактильной картографии.

В результате проведенного анализа разработана классификация ассистивных средств в зависимости от характера нарушения функций жизнедеятельности человека (рисунок 1) и классификация ассистивных средств, предназначенных для незрячих и слабовидящих людей (рисунок 2). Согласно данной классификации определено место тактильных карт и планов в общей классификации ассистивных средств. Анализ ассистивных средств и технологий позволил сделать следующие выводы:

– в настоящее время состояние ассистивных средств и технологий находится на этапе развития, это доказано большим количеством научных исследований, результаты которых еще не представлены для общего пользования (существуют только в качестве проектов);

– несмотря на многообразие выпускаемой тактильной картографической продукции, отсутствует единая система тактильных условных обозначений;

- тактильные карты, мнемосхемы и другие рельефно-графические пособия создаются с использованием программ векторной графики;
- геоинформационные системы не применяются для создания тактильных карт;
- аддитивные технологии, а именно 3D-печать, не находят применения в тактильной картографии;
- существующие материалы для создания тактильных карт, мнемосхем и рельефно-графических пособий не обладают высокой прочностью, быстро изнашиваются, в связи с чем необходимо выполнить исследование по поиску других возможных материалов для создания рельефной графики и тактильных карт.



Рисунок 1 – Общая классификация ассистивных средств



Рисунок 2 – Классификация ассистивных средств для людей с нарушениями зрения

С учетом сделанных выводов сформулирована цель разработки методики использования ГИС и аддитивных технологий в тактильной картографии.

Во втором разделе диссертационной работы представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на изучение восприятия рельефных условных обозначений и тактильных карт незрячими. Представлено экспериментальное исследование по тактильному восприятию, для его проведения разработана собственная система условных обозначений.

Тактильные ощущения представляют собой сложный комплекс ряда ощущений – прикосновения, давления, температурных и болевых. Эти ощущения возникают при соприкосновении наружных покровов тела с поверхностью отображаемых объектов на рельефно-графических пособиях. Результатом этого соприкосновения является возникновение в мозговой деятельности ощущений, отражающих многообразные свойства и признаки предметов: величину, упругость, плотность, гладкость или шероховатость, тепло, холод и т. д. В ходе анализа выявлено, что на восприятие тактильных карт незрячими оказывают влияние следующие факторы: осязаемая поверхность, соблюдение форм и пропорций изображений, пластичность и износостойкость материала, четкость рельефа, доступность нагрузки, оптимальность размера, объемность изображения.

Существующие исследования по тактильному восприятию противоречат друг другу и не могут являться достаточным основанием для разработки унифицированной системы тактильных условных обозначений. Поэтому было принято решение провести исследование с использованием современных материалов и методов печати. Для проведения исследования были разработаны критерии оценивания восприятия тактильных условных обозначений (рисунок 3).

Задача исследования заключалась в разработке условных обозначений для составления унифицированной системы и ее использовании на тактильных картах.



Рисунок 3 – Критерии оценивания восприятия условных обозначений

В исследовании приняли участие две группы тестируемых, общее количество – 100 человек:

– младшая группа – школьники до 18 лет. Исследование выполнялось на базе муниципального казенного общеобразовательного учреждения города Новосибирска «Специальная (коррекционная) школа-интернат № 39», расположенного по адресу: г. Новосибирск, ул. Фасадная, 19;

– старшая группа – взрослые в возрасте от 18 до 80 лет. Исследование выполнялось на базе государственного бюджетного учреждения культуры Новосибирской области «Новосибирская областная специальная библиотека для незрячих и слабовидящих», расположенного по адресам: ул. Крылова, 15, ул. Вертковская, 23.

Для проведения исследования были разработаны и напечатаны на микрокапсульной бумаге образцы тактильных условных обозначений (рисунки 4, 5).

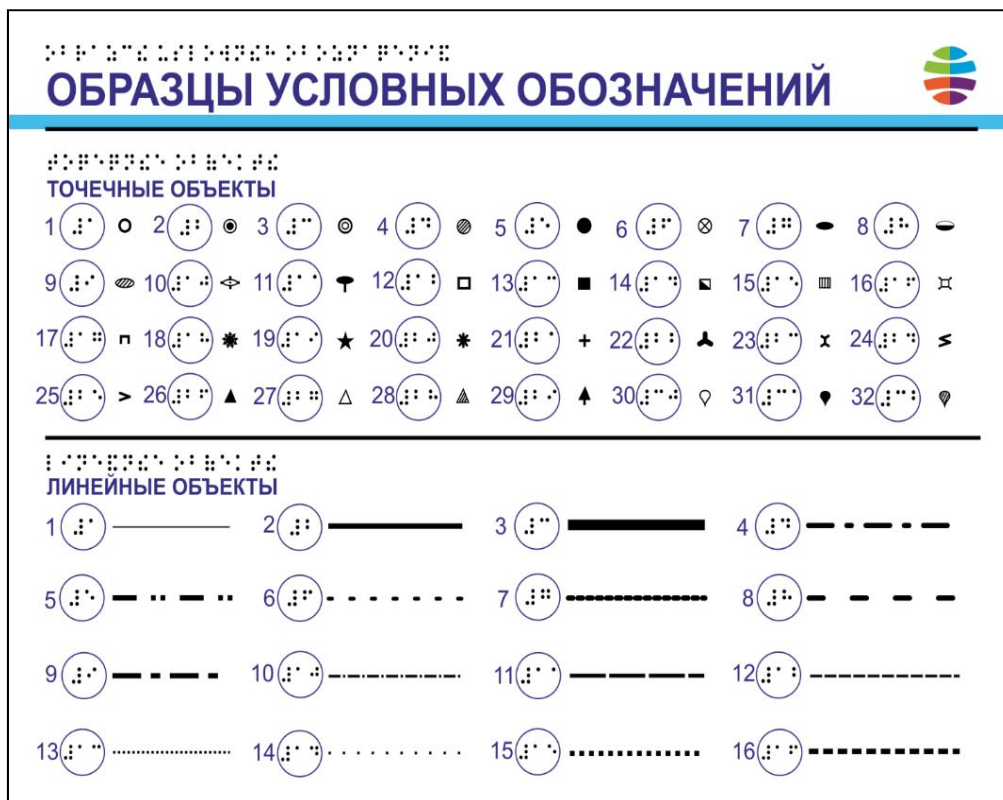


Рисунок 4 – Образцы условных обозначений
линейных и точечных объектов

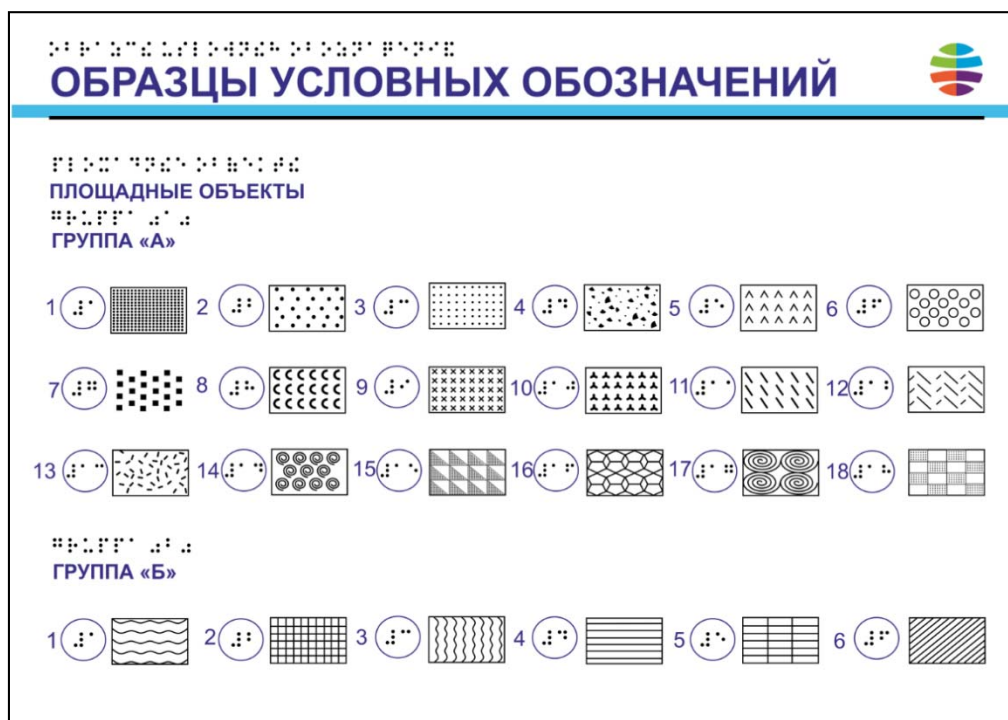


Рисунок 5 – Образцы условных обозначений
площадных объектов

При разработке точечных условных обозначений были выбраны простые геометрические фигуры: круг, квадрат, треугольник. Для каждой фигуры подобраны различные комбинации текстур: выделенный контур фигуры без внутренней заливки, сплошная заливка, внутренняя штриховка (см. рисунок 4).

Для линейных условных обозначений применялись простые текстуры: непрерывные линии, пунктирные линии различных текстур толщиной – от 0,5 до 4 мм. Для увеличения количества условных обозначений между элементами текстуры подбиралось различное расстояние, изменялась длина элементов у текстур линий, сглаживались углы (см. рисунок 4).

Площадные условные обозначения были разделены на две группы (см. рисунок 5):

- группа «А» с использованием мелких текстурных элементов;
- группа «Б» с использованием линейных текстур.

В результате исследования тактильного восприятия условных обозначений были сделаны следующие выводы:

- незрячие и слабовидящие, знающие азбуку Брайля, на 40 % эффективней распознают условные обозначения, чем люди, ею не владеющие;

- форма точечного условного знака воспринимается незрячими людьми в корреляции с их возрастом. Сложные фигуры с большим количеством углов, такие как звезда, не воспринимаются всеми возрастными категориями. Простые фигуры (круг, овал, квадрат, треугольник) были распознаны 85 % тестируемых в возрастной группе до 60 лет. Тестируемые старше 60 лет в подавляющем большинстве случаев (90 %) воспринимают точечный объект одинаково, вне зависимости от его формы;

- минимальный размер тактильного объекта на карте должен составлять 1,2 мм, так как исследования показали, что свыше 70 % тестируемых более мелкие элементы не распознают;

- 30 % условных обозначений, регламентируемых Канадским стандартом рельефной графики, не распознаются тактильно незрячими и слабовидящими;

– минимальная тактильно воспринимаемая толщина линейных условных обозначений составляет 0,5 мм; условные обозначения толщиной 1 мм и более успешно распознали 70 % тестируемых;

– среди заимствованных условных обозначений из исследования Дорошевой Е. А., Игумнова А. Ю. старшей группой тестируемых было тактильно распознано 20 % условных обозначений, младшей – 30 %;

– 70 % от общего числа площадных условных обозначений, предложенных тестовой группе незрячих, были распознаны успешно, среди них более половины (60 %) являлись знаками с линейными текстурами;

– выявлено максимальное число видов условных обозначений, которое может быть использовано на одной тактильной карте или плане (таблица 1).

Таблица 1 – Максимальное число видов условных обозначений на тактильных картах или планах

Максимальное число видов точечных обозначений	Максимальное число видов линейных обозначений	Максимальное число видов площадных обозначений
8	5	5

По результатам проведенного исследования разработаны рекомендации для создания точечных, линейных и площадных тактильных условных обозначений и компоновке тактильных карт и планов. Данные рекомендации легли в основу разрабатываемой методики создания тактильных карт.

Третий раздел посвящен разработке методики создания тактильных карт с использованием геоинформационных систем и аддитивных технологий. Данная методика позволяет автоматизировать процесс создания тактильных картографических произведений за счет преобразования цифровой карты согласно специальному алгоритму в трехмерную модель тактильной карты (плана, схемы) и ее дальнейшей печати на 3D-принтере с учетом разработанных рекомендаций к тактильным условным обозначениям.

Методику можно представить в виде укрупненной технологической схемы (рисунок 6).

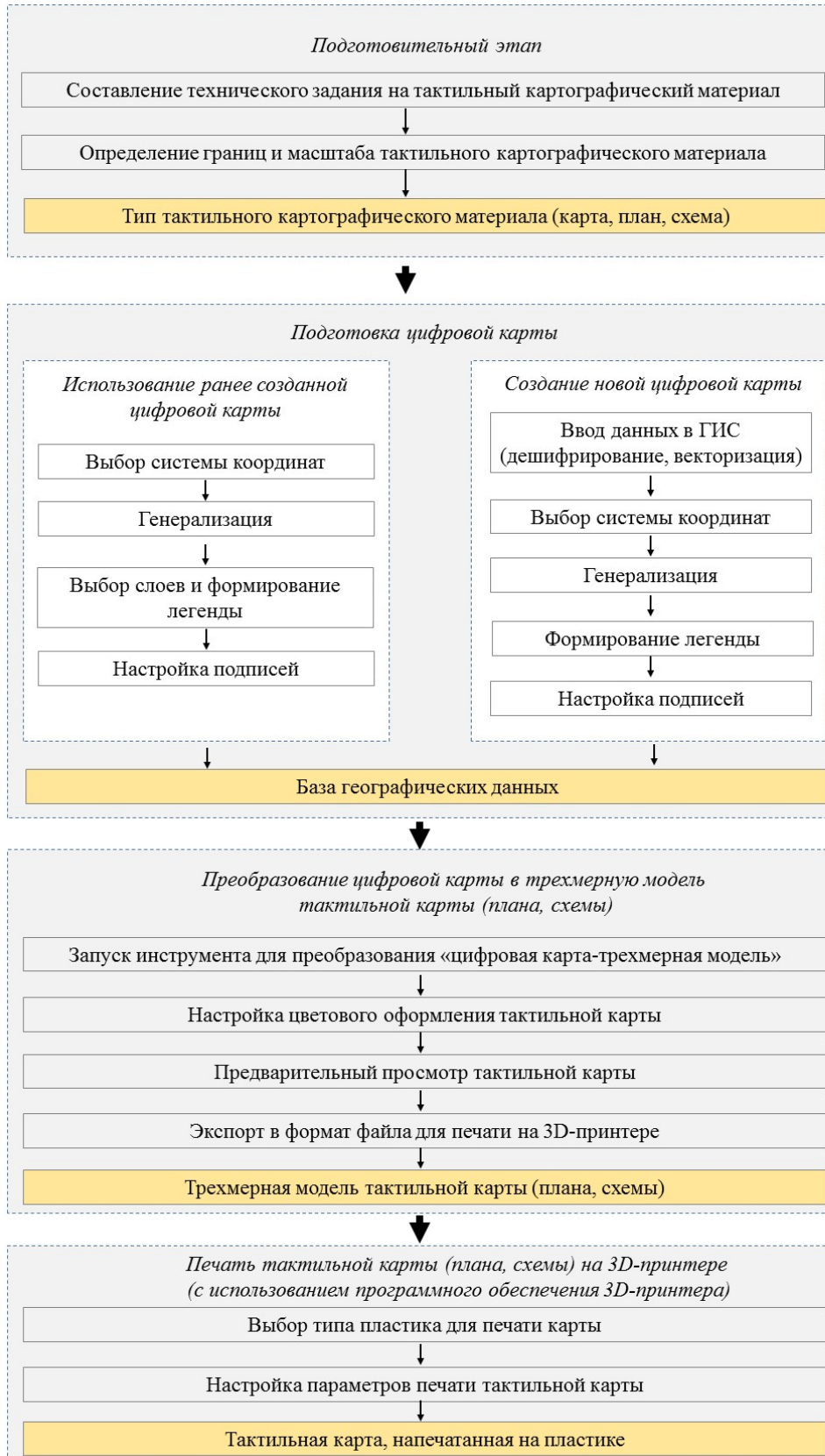


Рисунок 6 – Методика применения геоинформационных систем и аддитивных технологий для создания тактильных карт (планов, схем)

Основные этапы предлагаемой методики.

1 *Подготовительный этап.* На данном этапе выполняется составление технического задания на тактильный картографический материал, определяется масштаб и устанавливаются границы картографируемой территории, по результатам технологических операций данного этапа определяется тип тактильного картографического материала (карта, план или схема).

2 *Подготовка цифровой карты.* Содержание данного этапа определяется исходными картографическими данными. В случае использования ранее созданной цифровой карты технологические операции включают: выбор системы координат, генерализацию, выбор слоев и формирование легенды, настройку подписей. Если у составителя тактильного картографического материала нет исходных цифровых картографических данных, то добавляется технологическая операция «ввод данных в ГИС». Результатом данного этапа является база географических данных, которая содержит необходимые цифровые картографические данные для преобразования их в трехмерную модель тактильной карты.

3 *Преобразование цифровой карты в трехмерную модель тактильной карты (плана, схемы).* На данном этапе необходимо выполнение преобразования «цифровая карта – трехмерная модель» в среде ГИС при помощи дополнительного программного модуля. Возможности современных 3D-принтеров позволяют использовать при печати один и более цветов пластика, поэтому на данном этапе выполняется настройка цветового оформления тактильной карты, с учетом технических особенностей печатающего устройства. Далее производится экспорт полученной модели в формат файла для печати на 3D-принтере. Результатом данного этапа является трехмерная модель тактильной карты (плана, схемы).

4 *Печать тактильной карты (плана, схемы) на 3D-принтере.* Данный этап включает выбор типа пластика и настройку параметров печати тактильного произведения. Существует множество видов пластика, которые отличаются не только своими техническими характеристиками, но и качеством рельефной поверхности, получающейся в результате печати, поэтому специалисту необхо-

димо выбирать пластик с учетом тактильного восприятия незрячих и слабовидящих людей. Для повышения точности создания тактильного картографического материала необходимо знать основные параметры печати для конкретного вида пластика: температуру нагрева экструдера, температуру нагрева стола 3D-принтера, скорость печати. Результатом данного этапа является тактильный картографический материал – план, карта, схема.

В рамках представленной методики разработан алгоритм (рисунок 7), позволяющий преобразовывать цифровые карты в трехмерные модели тактильных карт по разработанной системе условных обозначений из формата геоинформационной системы в формате STL для печати на 3D-принтере.

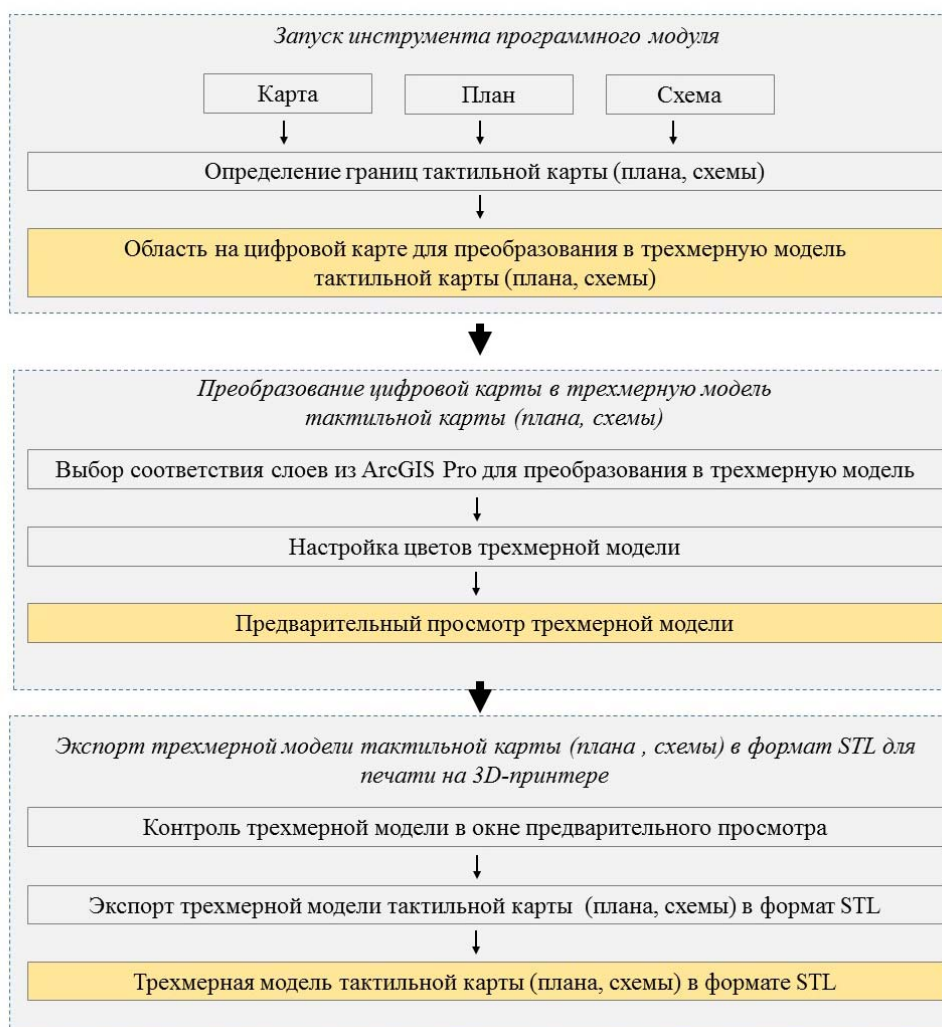
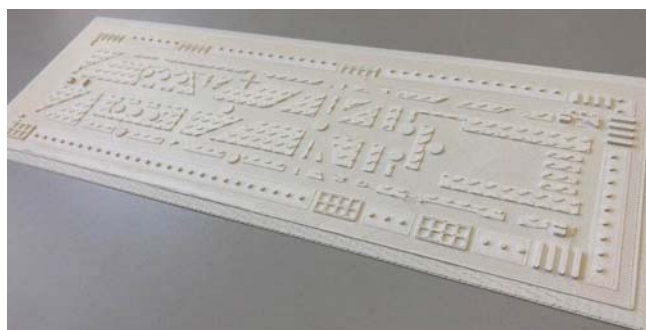


Рисунок 7 – Алгоритм преобразования цифровых карт в трехмерные модели тактильной карты (планы, схемы)

Алгоритм реализован в программном модуле на базе геоинформационной системы ArcGIS Pro версии 2.2.4. С использованием программного модуля был создан образец тактильного плана на территорию сквера Славы г. Новосибирска в формате STL. Для завершения экспериментальной части исследования данный тактильный план апробирован незрячими и слабовидящими людьми.

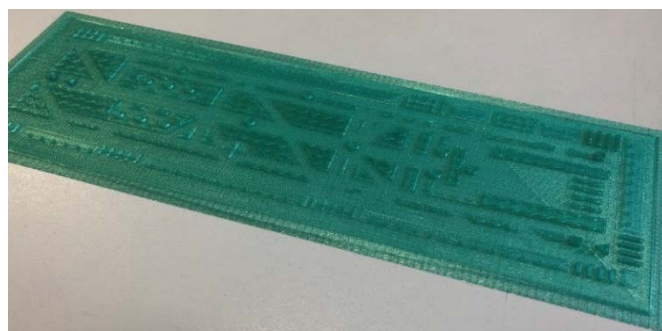
Для апробации работы алгоритма и оценки степени восприятия тактильных материалов, созданных с использованием технологии 3D-печати, был создан тактильный план сквера Славы г. Новосибирска (рисунок 8), воспроизведенный на нескольких видах пластика.



а)



б)



в)

Рисунок 8 – Образец тактильного плана, напечатанный на 3D-принтере с использованием пластика: а) ABS; б) PLA; в) Watson

Исходными материалами для создания тактильного плана служили: цифровые картографические данные на территорию сквера Славы, трехмерная модель для печати на 3D-принтере, полученная посредством преобразования цифровой карты по разработанным условным обозначениям.

Согласно проведенной апробации получены следующие результаты:

– статистика по количеству незрячих и слабовидящих людей, успешно распознавших тактильный план, напечатанный на различных видах пластика (таблица 2);

– доказано, что рекомендуемые производителем пластика параметры печати не удовлетворяют требованиям к точности создания тактильных материалов, возникают дефекты печати в виде щелей между наполнением и контуром, царапин, неравномерного экструдирования, загибающихся углов и краев фигур, излишнего экструдирования пластика, расслоения модели. По результатам анализа полученных дефектов доказано, что толщина одного слоя при 3D-печати значительно превышает 1,2 мм (1,7 мм и более);

– подобраны индивидуальные параметры печати на пластиках вида ABS, PLA, Watson, обеспечивающие точность создания элементов выше 1,2 мм (таблица 3).

Таблица 2 – Результаты апробации по видам пластика

Категория тестируемых	Пластик Watson, процент распознавших	Пластик ABS, процент распознавших	Пластик PLA, процент распознавших
Мужчины	65	25	10
Женщины	70	20	10

Таблица 3 – Температурные параметры печати для тактильных картографических материалов на пластиках ABS, PLA, Watson

Тип 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

Таким образом, для печати тактильных картографических материалов на 3D-принтере, с использованием современного пластика любого вида, на основе экспериментальных исследований необходимо подбирать самостоятельно следующие технические характеристики: температура плавления пластика (рекомендуемая производителем пластика температура плавления не удовлетворяет требованиям к качеству создания тактильных материалов), температура нагрева стола 3D-принтера (рекомендуемая производителем пластика температура нагрева стола не удовлетворяет требованиям к качеству создания тактильных материалов), скорость печати (подбирается в зависимости от сложности тактильного картографического материала);

– доказано, что необходимо сглаживать прямые углы точек символов Брайля (рисунок 9) и использовать параметры печати из таблицы 3 в целях избегания дефектов при печати. Сглаживание углов необходимо выполнять на 0,3 мм (с шагом 0,1 мм). Данные правила были внедрены при размещении подписей на тактильных картах в разработанном программном модуле.

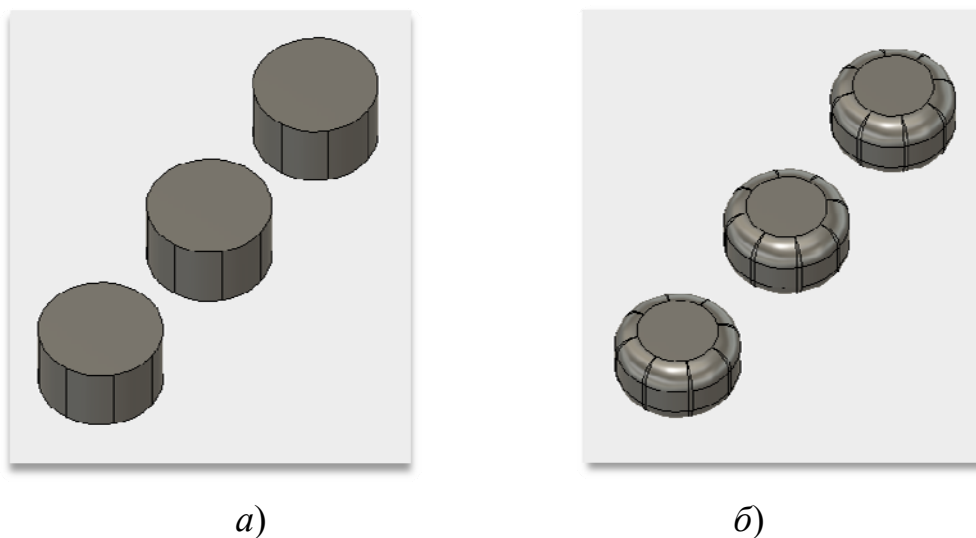


Рисунок 9 – Вариант печати шрифта Брайля:

а) прямые углы точек Брайля; б) сглаженные углы точек Брайля

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного диссертационного исследования достигнута поставленная цель – разработана методика создания тактильных карт и планов с применением геоинформационных систем и аддитивных технологий.

Итоги диссертационного исследования заключаются в следующем:

- выполнен аналитический обзор современного состояния ассистивных средств и технологий, направленных на реабилитацию незрячих и слабовидящих граждан, позволивший определить место тактильных карт и планов в общей классификации ассистивных средств;

- исследовано современное состояние тактильной картографии, существующих методик и технических средств по созданию рельефной графики, что выявило недостаточную износостойчивость материалов, используемых в настоящее время для создания тактильных картографических произведений;

- разработана система тактильных условных обозначений и рекомендации по ее использованию, что устранило недостатки существующих разработок и позволило создавать картографические материалы для незрячих и слабовидящих людей с применением как традиционного метода – печати на специальной бумаге, так и аддитивных технологий – печати на износостойчивых пластиках;

- проведены экспериментальные исследования по восприятию незрячими и слабовидящими людьми разработанной системы тактильных условных обозначений, которые подтвердили, что картографические материалы, созданные по разработанной системе тактильных условных обозначений, успешно распознаются различными категориями незрячих и слабовидящих людей, вне зависимости от их физиологических особенностей, степени владения шрифтом Брайля, вида картографического продукта и используемых способов печати и материалов;

- разработана методика создания тактильных карт и планов с применением геоинформационных систем и аддитивных технологий, включающая

выбор картографируемой территории, создание цифровой карты на выбранную территорию в среде ГИС, преобразование цифровой карты в тактильную карту (трехмерную модель для печати на 3D-принтере) в соответствии с апробированной системой условных обозначений, печать тактильной карты на 3D-принтере;

– на базе проведенных экспериментальных исследований разработан алгоритм и на его основе создан программный модуль для преобразования по апробированным условным обозначениям цифровых карт из среды геоинформационных систем в трехмерные модели тактильных карт и планов для печати на 3D-принтере.

Рекомендации и перспективы развития диссертационного исследования заключаются в применении разработанной методики для создания тактильных карт различных видов, масштабов с использованием износостойчивых современных материалов.

Перспективы дальнейших исследований в этой области должны быть направлены на повышение точности создания тактильных материалов с использованием аддитивных технологий.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Пошивайло, Я. Г. Исследование особенностей восприятия тактильных условных знаков различными группами пользователей с целью разработки специальных картографических материалов [Текст] / Я. Г. Пошивайло, Ю. Н. Андрюхина // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22. – № 3. – С. 99–106.

2 Андрюхина, Ю. Н. К вопросу разработки типовой методики создания тактильных карт [Текст] / Ю. Н. Андрюхина, Я. Г. Пошивайло, В. А. Ананьев // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79. – № 11. – С. 25–33.

3 Андрюхина, Ю. Н. Использование современных методик 3D-печати для создания тактильных карт и планов [Текст] / Ю. Н. Андрюхина // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24. – № 1. – С. 72–82.

4 Пошивайло, Я. Г. Разработка условных знаков для серии тактильных карт субъектов Российской Федерации [Текст] / Я. Г. Пошивайло, Ю. Ю. Лесневский, Ю. Н. Андрюхина // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края : сб. науч. тр. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – 2016. – Вып. 9. – С. 90–96.

5 Пошивайло, Я. Г. Современные методы и технология создания навигационных карт [Текст] / Я. Г. Пошивайло, Ю. Н. Андрюхина // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 32–38.

6 Пошивайло, Я. Г. Современные возможности использования средств навигации для людей с ограничением зрительной функции [Текст] / Я. Г. Пошивайло, Ю. Н. Андрюхина, А. В. Прысева // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов Национ. науч.-практ. конф., 14–15 декабря 2017 г. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – Т. 1. – С. 88–91.

7 Андрюхина, Ю. Н. Тематическая интерпретация данных ДЗЗ [Текст] / Ю. Н. Андрюхина // XII Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование – 2017» : сб. материалов. – Астана : ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. – 2017. – С. 6517–6521.

8 Пошивайло, Я. Г. Исследование особенностей восприятия тактильных условных знаков школьниками с ограничением зрительной функции [Текст] / Я. Г. Пошивайло, Ю. Н. Андрюхина // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, кар-

тография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 78–83.

9 Андрюхина, Ю. Н. Формирование доступной среды университета для незрячих обучающихся [Текст] / Ю. Н. Андрюхина // Актуальные вопросы образования. Современные тренды непрерывного образования в России. Междунар. науч.-метод. конф. : сб. материалов в 3 ч. (Новосибирск, 25–28 февраля 2019 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. Ч. 3. – С. 12–14.