

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

На правах рукописи

Андрюхина Юлия Николаевна



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

25.00.33 – Картография

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент
Пошивайло Ярослава Георгиевна

Новосибирск – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ АССИСТИВНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ НЕЗРЯЧИХ И СЛАБОВИДЯЩИХ.....	10
1.1 Понятие и общая классификация ассистивных средств	10
1.2 Ассистивные средства для незрячих и слабовидящих.....	13
1.2.1 Аналоговые ассистивные средства	13
1.2.2 Цифровые ассистивные средства	26
Основные выводы по разделу 1 и задачи дальнейших исследований.....	36
2 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТАКТИЛЬНЫХ КАРТАХ.....	38
2.1 Тактильное восприятие и его особенности	38
2.2 Анализ проведенных ранее исследований по восприятию незрячими и слабовидящими людьми тактильных условных обозначений и карт	43
2.3 Разработка критериев для проведения исследования по восприятию тактильных условных обозначений	53
2.4 Разработка и апробация тактильных условных обозначений	55
2.5 Разработка рекомендаций по созданию тактильных условных обозначений и карт	61
Основные выводы по разделу 2	69
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ТАКТИЛЬНЫХ КАРТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	71
3.1 Обоснование разработки программного модуля на базе геоинформационной системы для создания трехмерных моделей тактильных картографических произведений	71

3.2 Разработка методики создания тактильных картографических произведений с использованием геоинформационных систем и аддитивных технологий	74
3.3 Разработка алгоритма преобразования цифровых картографических данных в трехмерные модели тактильных картографических произведений для использования в программном модуле	79
3.4 Модификация системы тактильных условных обозначений с учетом особенностей 3D-печати.....	88
3.5 Апробация полученных результатов, выводы по исследованию	99
Основные выводы по разделу 3	105
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	109
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) ШРИФТ БРАЙЛЯ НА КИРИЛЛИЦЕ И ЛАТИНИЦЕ.....	130
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) АНКЕТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТАКТИЛЬНОМУ ВОСПРИЯТИЮ	132
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) СИСТЕМА ТАКТИЛЬНЫХ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	136

ВВЕДЕНИЕ

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 рельеф, 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., Одиноква 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., Wetzal 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, необ-

ходимым 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.

1 АНАЛИЗ АССИСТИВНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ НЕЗРЯЧИХ И СЛАБОВИДЯЩИХ

1.1 Понятие и общая классификация ассистивных средств

Предметы, используемые человеком в повседневной жизни, городская инфраструктура, элементы планировки и застройки, устройства коммуникации и обработки информации совершенствуются с каждым годом, но большинство из них предусматривает, что пользователь имеет возможность слышать, говорить, видеть и свободно осязать. Люди с различными ограничениями жизнедеятельности зачастую не могут использовать повседневные предметы и устройства без их специальной адаптации. Для решения этой проблемы разрабатываются ассистивные средства и технологии [63, 65, 67, 75].

Ассистивные средства – это оборудование, программное обеспечение и услуги, использование которых способствует улучшению функционально-физиологических возможностей людей с ограниченными возможностями здоровья.

Ассистивные средства могут быть различных видов (программные, электронные, механические, оптические и т. д.) и иметь различное предназначение. К ним относятся: протезы, вспомогательные средства передвижения (инвалидные коляски), слуховые аппараты, приспособления для корректировки зрения (очки, линзы), специальное компьютерное оборудование и программное обеспечение, которые улучшают мобильность, слух, зрение и т. д. Благодаря использованию таких технологий и средств, люди с ограниченными функциями жизнедеятельности могут самостоятельно участвовать в общественной жизни [7, 19, 43].

По статистике, нуждающихся во вспомогательных средствах жизнедеятельности во всем мире насчитывается около 1 млрд человек, но доступ к таким средствам имеет только 1 из 10 человек [60, 61].

Рассмотрим классификацию ассистивных средств и технологий по их функциональному назначению (рисунок 1) [94].



Рисунок 1 – Общая классификация ассистивных средств

Ассистивные средства подразделяются в зависимости от нарушений функций жизнедеятельности организма человека.

1 *Ассистивные средства для людей с сенсорными нарушениями:*

– *ассистивные средства для людей с нарушениями зрения.* Формирование доступной среды для незрячего человека основано на использовании сенсорных устройств и звуковой (акустической) разметки пространства. Многообразие ассистивных средств для незрячих и слабовидящих включает: электронные трости, навигационные устройства, традиционные рельефно-графические пособия, тактильные карты, тактильные аудиовизуальные модули, тактильные таблички и пиктограммы, экранные лупы-увеличители, программное обеспечение для чтения информации с монитора, голосовые калькуляторы, брайлевские принтеры, тифлокомпьютеры для незрячих и многое другое. Ассистивные средства для людей с ограничением зрения можно классифицировать следующим образом (рисунок 2);

– *ассистивные средства для людей с нарушениями слуха.* Органы слуха позволяют дополнять информацию, полученную посредством органов зрения, поэтому восприятие через органы слуха – это второй по значимости способ восприятия информации. На сегодняшний день существует огромное количество ассистивных средств для слабослышащих, среди них: индукционные системы, предназначенные для трансляции информации напрямую в слуховой аппарат человека,

визуально-акустические таблички и табло с индукционными системами, световые маячки, тактильные аудиомнемосхемы и стенды с индукционными петлями, мультимедийные стенды и многое другое;

– *ассистивные средства для людей с нарушениями речи.* Речь – это языковая форма общения людей. Очень часто встречаются дефекты речи, которые могут быть обусловлены наследственными, врожденными или постнатальными причинами. При имеющихся серьезных нарушениях речи нарушается не только произношение звуков, но и способность различать звуки на слух. Устройства для правильного восприятия и произношения основаны на звукозаглушении, звукоусилении, ритмизации и воспроизведении речи с задержкой.



Рисунок 2 – Классификация ассистивных средств для людей с нарушениями зрения

2 Ассистивные средства для людей с нарушениями в работе опорно-двигательного аппарата.

Такие ассистивные средства позволяют учитывать особые потребности людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата при перемещении.

На сегодняшний день существует огромное количество ассистивных средств, предназначенных для людей с нарушениями опорно-двигательной системы: трости, костыли, опоры, поручни, кресла-коляски, протезы, приспособления для одевания, раздевания и захвата предметов и многое другое.

3 Ассистивные средства для людей с когнитивными нарушениями.

Понятие «когнитивный» определяет хорошо знакомые каждому человеку способности по восприятию окружающего мира и представлений о нем: память, внимание, речь. Все перечисленные способности формируются в результате деятельности головного мозга и зависят от общего состояния организма. Когнитивные нарушения отрицательно влияют на достижения человека в различных сферах: учебная, бытовая, профессиональная, социальная.

При когнитивных нарушениях организма используются различные развивающие информационные технологии (программное обеспечение), а также медицинские препараты.

Ассистивные средства и технологии уменьшают потребность в услугах здравоохранения, длительном уходе и поддержке. Многие люди, имеющие ограничения жизнедеятельности, не имеют доступа к таким средствам, это связано с низкой осведомленностью, высокой стоимостью, незначительным распространением и отсутствием финансирования. Люди, не имеющие доступа к этим средствам и технологиям, очень часто оказываются исключенными из общественной жизни, пребывают в изоляции [60, 61, 88].

Современные ассистивные технологии позволяют компенсировать функциональные ограничения жизнедеятельности человека и являются инструментом, который закладывает основу для развития личности и самостоятельности.

1.2 Ассистивные средства для незрячих и слабовидящих

1.2.1 Аналоговые ассистивные средства

Аналоговые ассистивные средства подразделяются на следующие группы.

1 *Рельефно-графические пособия.* Вследствие нарушения зрительной функции возникает недостаток информации о предметах и явлениях окружающей действительности. Восполнить недостаток информации позволяют рельефно-графические пособия – издания, выполненные рельефно-выпуклым способом.

Графика – одно из основных средств отражения и представления картины действительности. С ее помощью можно отобразить форму предмета, она позволяет достоверно открыть и представить многие процессы и явления. Информация, представленная в графике, способствует приобретению знаний не только слабовидящими, но и людьми без ограничения зрительной функции в различных сферах – науке, культуре, технике. Такие пособия помогают незрячим и слабовидящим людям приобретать новые знания и ориентироваться на местности. В процессе обучения пособия находят широкое применение на уроках физики, математики, химии, истории, географии, биологии и на уроках по другим дисциплинам [41].

Рисунки, схемы, чертежи, карты и т. п. представляют собой графические материалы, которые выполняют различные функции: отображают форму, цвет, структуру, пространственные свойства, характеризуют различные явления. Для каждого графического материала выбираются свои правила построения. Для каждого случая применяются однозначные правила построения изображений в целях обеспечения высокой эффективности использования в трудовой, творческой, познавательной, естественно-научной и других сферах [68].

Отдельные попытки создать рельефные изображения известны с древности. Начало создания учебных рельефно-графических пособий относится к концу XVIII в., когда основатель тифлопедагогики и учебных заведений для незрячих и слабовидящих в России и Франции Гаюи В. приступил к систематическому обучению группы слепых учеников. Гаюи В. значительное внимание уделял составлению и изготовлению рельефно-графических пособий, которые создавались для его учеников.

На первом этапе создания рельефных изображений преподаватели делали пособия вручную из картона и плотной бумаги. Далее, с развитием технологий, изготовление переходит на новый уровень – типографическое печатание [57]. С 1960-х гг. начинают появляться рельефно-графические пособия, выполненные на пластике [94].

Созданием, преобразованием и изготовлением учебных пособий для незрячих и слабовидящих занимается отдельная отрасль науки графики – тифлографика. Рассмотрим функции, которые выполняют рельефно-графические пособия как ассистивные средства для людей с ограничением зрительной функции (таблица 1).

Таблица 1 – Функции, выполняемые рельефно-графическими материалами [88]

Функция	Описание функции
Познавательная	Позволяет формировать представления и образы об объектах и предметах окружающей действительности
Коммуникативная	Позволяет развивать коммуникативные навыки, а также расширять информацию об объектах
Воспитательная	Позволяет формировать систему эмоционально-ценностных отношений конкретной личности к миру. Формирует эстетическое воспитание
Коррекционно-развивающая	Позволяет формировать и развивать осязательное восприятие

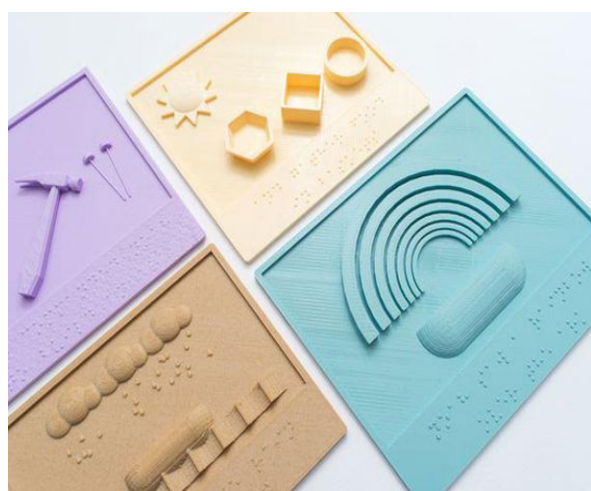
Рельефно-графические пособия в настоящее время создают с использованием микрокапсульной бумаги и пластика.

Микрокапсульная бумага визуально представляет собой обычный лист бумаги плотностью 160 г/м². Максимальный формат листа микрокапсульной бумаги – А3 с размерами 297×420 мм. Печать материалов на такой бумаге производится следующим образом: на первом этапе создается изображение в графическом редакторе, изображение должно быть разделено на части: цветную (без использования черных и белых цветов) и черно-белую (все, что должно быть рельефным); на втором этапе производится печать изображения на микрокапсульной бумаге, для этого первым слоем печатается цветовая основа, затем рельефная часть изображения, она должна быть обозначена черным цветом. На третьем этапе полученное изображение пропускается через специальный нагреватель, который и делает графику рельефной.

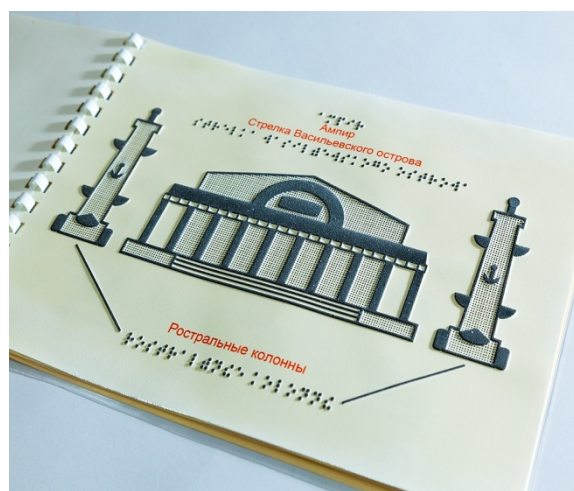
Микрокапсульную бумагу в Российской Федерации не производят, основные производители-поставщики – Голландия и Норвегия.

Создание рельефно-графических пособий на пластике может осуществляться различными способами. Первый из них – это печатание на пластике, где так же, как и на микрокапсульной бумаге, сначала печатается цветовая основа, затем, посредством многократного пропускания через лазерный принтер, создается рельефная часть изображения. Второй способ получения рельефно-графических пособий на пластике – это печать на 3D-принтерах, однако в настоящее время данный способ пока не нашел своего применения, так как недостаточно исследован. Третий способ – формовка тактильных карт и планов по заранее подготовленной модели-эталону (данный способ отличает низкая точность создания тактильных картографических произведений).

На рисунке 3 представлены макеты рельефно-графических пособий для детей школьного и дошкольного возраста, выполненные на пластике способом формования и напечатанные на микрокапсульной бумаге.



а)



б)

Рисунок 3 – Макеты рельефно-графических пособий:

а) макет, выполненный на пластике способом формования;

б) макет, выполненный на микрокапсульной бумаге

2 Трехмерные макеты. Кроме графических средств, рассмотренных ранее, для изучения объектов незрячими и слабовидящими людьми могут быть исполь-

зованы трехмерные модели-макеты. Трехмерные модели изготавливаются с высокой масштабной и текстурной точностью и, в основном, печатаются с использованием пластика или гипса. Такие модели легко распознаются как незрячими, так и зрячими людьми, но адаптируются они специально для незрячих, при этом пропорции элементов моделей по сравнению с действительными зачастую не соблюдаются, некоторые мелкие элементы необходимо показывать более детально, а другие элементы необходимо, наоборот, исключить. Например, при создании модели Смольного собора г. Санкт-Петербурга (рисунок 4) величину башни стоит увеличить, а количество окон – уменьшить [85].



Рисунок 4 – Тактильная трехмерная модель
Смольного собора г. Санкт-Петербурга [85]

Помимо трехмерных моделей архитектурных объектов, создаются трехмерные модели объектов галерейного искусства. Программист Марк Диллон (Хельсинки, Финляндия) реализовал проект «Unseen Art», суть которого заключается в преобразовании шедевров мирового галерейного искусства в трехмерные модели. Полученные модели можно распечатать на 3D-принтере (рисунок 5).

Также ведутся работы над выпуском руководства-стандарта по преобразованию произведений искусства в 3D-модели, которые планируется опубликовать в открытом доступе [92].



а)



б)

Рисунок 5 – Трехмерная модель и 3D-объект Мона Лизы:

а) трехмерная модель; б) трехмерный объект, напечатанный на 3D-принтере

Минимальный размер рельефного элемента модели, относящейся к галерейному искусству, должен быть не менее 5 мм по высоте, так как он должен легко тактильно распознаваться [85].

3 *Тактильные мнемосхемы.* Тактильная мнемосхема – это план помещения или территории, выполненный рельефно-графическим способом с применением шрифта Брайля. На них могут быть отображены как общий план здания или территории, так и отдельные помещения внутри здания. Мнемосхемы помогают слабовидящим людям ориентироваться на местности и внутри зданий (помещений).

В зависимости от назначения, мнемосхемы могут быть различных видов: план этажа, план здания, план прилегающей территории, план расположения корпусов и пр. Например, мнемосхема здания содержит информацию о взаимном расположении помещений и их названий в виде подписей, выполненных в системе Брайля. Внешне такая мнемосхема напоминает обычный план здания, а полноцветная мнемосхема может передавать и особенности рельефа.

По типу крепления различают мнемосхемы: настенные (рисунок 6, а) и на стойке (рисунок 6, б).

Мнемосхема может быть выполнена с использованием различных материалов, включая акрил, сталь, оргстекло, металл, дерево, стекло.

Для обеспечения доступности объекта, тактильная мнемосхема должна размещаться с правой стороны по ходу движения на удалении от 2 до 4 м от входа [90].



а)



б)

Рисунок 6 – Тактильная мнемосхема плана этажа:

а) настенная; б) на стойке

4 *Тактильные карты и тифлоглобусы.* Карта, независимо от состояния зрительного аппарата человека, издревле является одним из главных средств познания мира. Электронные ассистивные устройства и технологии дополняют аналоговые картографические материалы – тактильные карты, которые с появлением новых видов и материалов печати не утратили свою значимость и востребованность [2, 29, 30].

Тактильные карты – это аналоговые карты, которые предназначены для людей с ограничением зрительной функции и отличаются они от обычных карт тем, что все условные знаки на них являются рельефными (выпуклыми), а подписи выполняются в системе Брайля.

Тактильная картография – это раздел общей картографии, который занимается не только разработкой теоретических основ картографических произведений для незрячих и слабовидящих, но и практическими навыками создания специальных карт. Мировой фонд тактильных карт и планов насчитывает порядка тысячи произведений. Большинство из них – это карты крупных масштабов и планы для навигации. Тактильные атласы, которые являются комплексными произведениями, содержат различную тематическую информацию. Создание тактильных атласов получило развитие с 1950-х гг., но первый тактильный атлас был создан еще

в середине XIX в. (рисунок 7). За всю историю развития тактильной картографии было создано около десяти тактильных атласов.

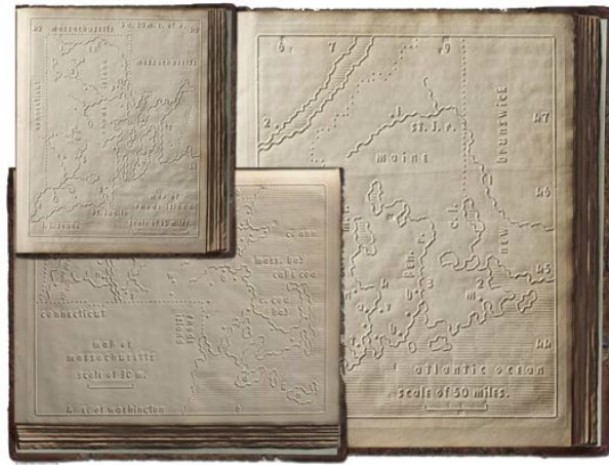


Рисунок 7 – Первый тактильный атлас

Помимо карт, получало развитие создание тактильных глобусов, которые более наглядно представляют форму земного шара. Все отображаемые на тактильных глобусах текстовые данные выполнялись рельефно-точечным шрифтом Брайля (рисунок 8).



Рисунок 8 – Тактильный глобус

В тот период преобладали трудоемкие ручные процессы изготовления тактильных глобусов, они выполнялись на плотной бумаге или картоне.

Тактильные карты сегодня создаются с помощью специальных принтеров методом тиснения на микрокапсульной бумаге, при этом рельефно-точечный шрифт Брайля совмещается с цветной печатью. Такие карты по определению не могут содержать такое же количество информации, как обычная географическая карта, поэтому тактильные карты менее информативны, чем обычные карты для зрячих (рисунок 9) [69–74].



Рисунок 9 – Образец тактильной карты [58]

В мире существует несколько крупных школ тактильной картографии и графики, к ним относятся: школа Польского государственного управления геодезии и картографии в г. Познань, школа тактильной графики и картографии при национальном комитете картографов Бразилии, центр тактильной картографии в Институте военной географии Чили в г. Сантьяго [57, 59].

Большое количество научных разработок Американской Федерации Слепых в г. Луисвилл делают ее лидером по научным исследованиям и разработкам в об-

ласти тактильной картографии, а также производству тактильных карт. Руководства и учебные пособия по созданию тактильной графики этой школы позволили создать значительное количество карт для незрячих людей.

Производство и внедрение в сферу образования и научно-справочного обеспечения людей с ограниченными возможностями по зрению различными тактильными картографическими материалами, включая тематические карты и атласы, налажено в странах: Польша, США, Бразилия, Чили, Канада, Германия, Чехия, Япония, Австралия, Нидерланды, Великобритания, Южная Корея, Китай, Израиль, Греция, Испания, Норвегия, Дания, Швеция, Финляндия. Тактильные картографические произведения и научные разработки вышеперечисленных стран хорошо известны в мире и демонстрировались на многочисленных специализированных конференциях, включая Международную картографическую конференцию.

В России в специализированных государственных учреждениях имеются производственные подразделения, которые занимаются разработкой тактильных карт для незрячих. Их основная цель – обеспечение своего региона тактильными картографическими материалами. Подобные учреждения расположены в Новосибирске [63], Санкт-Петербурге [85], Казани, Екатеринбурге.

5 Шрифт Брайля. Важную роль на рельефно-графических материалах, предназначенных для незрячих и слабовидящих, играют надписи, которые выполняются в шеститочечной системе Брайля. Шрифт Брайля – тактильный рельефно-точечный шрифт, предназначен для использования незрячими и слабовидящими людьми (приложение А). Система рельефно-точечного шрифта была разработана в 1824 г. французом Луи Брайлем. В возрасте 15 лет Луи лишился зрения и изобрел свою точечную систему, которая используется и по настоящее время людьми с ограничением зрительной функции [98].

На сегодняшний день существует две системы рельефно-точечного шрифта: шеститочечная система (рисунок 10, а) и восьмиточечная система (рисунок 10, б)

(второе название – расширенная). Точки для обозначения символов нумеруются по двум столбцам слева направо и по строкам сверху вниз.

В советское время тифлопедагоги пытались усовершенствовать систему. Для этого были изменены положения первой и третьей точек, однако распространения такая система не получила, так как противоречила международным стандартам и установившимся традициям [95].

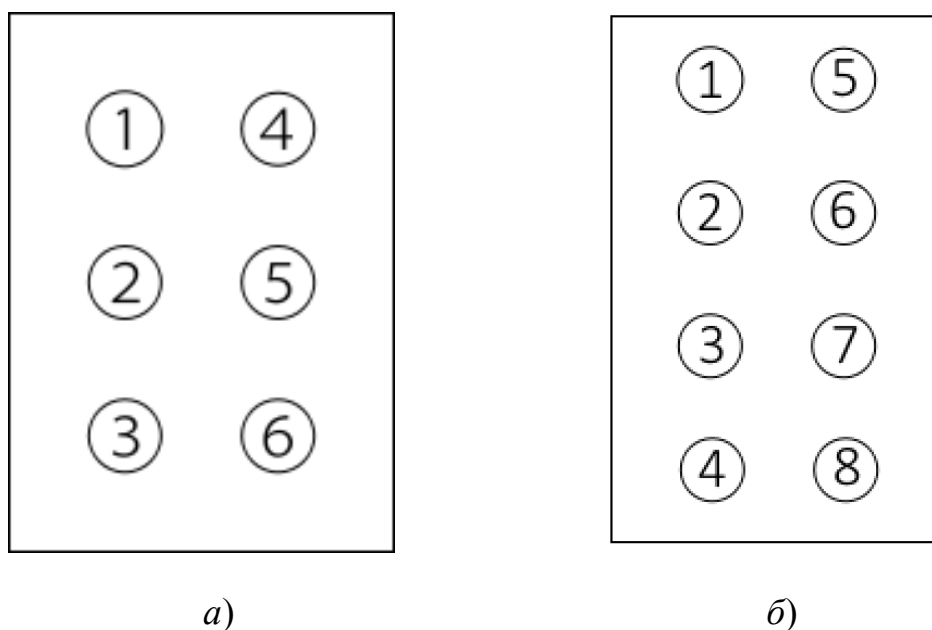


Рисунок 10 – Разновидности систем шрифта Брайля:
a) шеститочечная система; *б)* восьмиточечная система

Линейные размеры шрифта Брайля регламентируются ГОСТ Р 56832–2015 «Шрифт Брайля. Требования и размеры» [26] (рисунок 11). Минимальная высота точки над поверхностью материала – 0,5 мм, этого достаточно, чтобы символ хорошо воспринимался тактильно, допускается увеличение высоты точки до 1 мм. Согласно [26] различают крупный и средний размеры шрифта Брайля. Лучше воспринимается крупный размер шрифта, следовательно, нужно стремиться к преимущественному использованию именно этого размера на рельефно-графических материалах и тактильных картах.

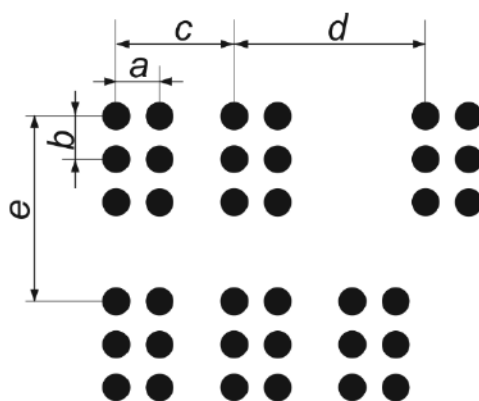


Рисунок 11 – Шеститочечная система Брайля [26]

Осязание, в отличие от зрения, имеет очень слабую познавательную способность. Тактильные нервы на кончиках пальцев находятся на расстоянии примерно 1,2 мм друг от друга, ближе расположенные точки нельзя тактильно отличить друг от друга. Меньшие размеры нельзя свободно тактильно распознавать и поэтому они не допускаются.

Согласно [26] существуют правила использования шрифта Брайля:

- все знаки, также пробелы имеют одну и ту же постоянную ширину;
- все знаки документа, таблички и т. д. имеют одну и ту же высоту;
- знаки документа, таблички и т. д. следует располагать таким образом, чтобы знаки точечного шрифта стояли вертикально друг над другом. Это также означает, что промежутки знаков расположены вертикально друг над другом.

Для крупного шрифта стандартными являются размеры (см. рисунок 11):

- расстояние a в горизонтальном направлении от центра одной точки до центра другой точки составляет 2,7 мм;
- расстояние b в вертикальном направлении от центра одной точки до центра другой точки составляет 2,7 мм;
- расстояние c от центра 1 точки до центра 2 точки следующего знака составляет 6,6 мм;
- расстояние d от центра 1 точки последнего знака слова до центра 2 точки первого знака следующего слова равняется двойному значению c , то есть 13,2 мм;

– расстояние e от центра 1 точки до центра 2 точки следующей строки составляет 10,8 мм. При использовании 8 точек шрифта Брайля высота строки увеличивается на 2,7 мм до 13,5 мм;

– диаметр точки равняется примерно 1,5 мм.

Средний шрифт является самой маленькой допустимой формой использования шрифта Брайля, для него стандартными являются размеры:

– расстояние a в горизонтальном направлении от центра одной точки до центра другой точки составляет 2,5 мм;

– расстояние b в вертикальном направлении от центра одной точки до центра другой точки составляет 2,5 мм;

– расстояние c от центра 1 точки до центра 2 точки следующего знака составляет 6,0 мм;

– расстояние d от центра 1 точки последнего знака слова до центра 2 точки первого знака следующего слова равняется двойному значению c , то есть 12,0 мм;

– высота строки e от центра 1 точки до центра 2 точки знака в следующей строке равняется 10,0 мм. При использовании шрифта из 8 точек высота строки увеличивается на 2,5 мм до 12,5 мм;

– диаметр точки равняется 1,3 мм.

Размещение шрифта Брайля в горизонтальном направлении является общепринятым и ни в одном руководстве по созданию тактильных пособий или использованию шрифта Брайля не указываются возможные варианты направления размещения надписей. Однако, согласно трудам по тифлопсихологии и тифлопедагогике, размещение всех подписей на тактильных материалах должно быть симметричным и в горизонтальном направлении, сторонами-ориентирами служат стороны рабочего листа тактильного материала [20, 21, 27, 31, 32, 50–53, 68].

Для печати листов брайлевских книг разработано большое количество форматов, выбор которых осуществляется в зависимости от установленных традиций в типографии. Принятый формат брайлевской книги на территории России

и постсоветского пространства включает 25 строк по 30–32 знака (знаки варьируются в зависимости от размера полей), общий размер книги – 23 × 31 см [39].

Ввиду особенностей шрифта Брайля, для него применены следующие исключения [39]:

- отсутствие знака пробела после запятой, перед тире, между знаком номера и числом;
- игнорирование заглавных букв;
- использование одного символа для обозначения схожих знаков пунктуации, например, тире и дефис.

При составлении тактильных схем, карт и рисунков с использованием шрифта Брайля учитываются все вышеописанные стандарты. В приложении А приведен шрифт Брайля для кириллицы и латиницы.

Аналоговые ассистивные средства широко используются незрячими и слабовидящими людьми с давних пор, виды и способы создания таких средств рассмотрены выше, однако ввиду развития информационных технологий получили развитие и электронные ассистивные средства. В следующем разделе рассмотрим возможности применения и классификацию электронных ассистивных средств.

1.2.2 Цифровые ассистивные средства

Цифровые ассистивные средства подразделяются на следующие группы.

1 *Планшеты*. В век развития информационных технологий уже привычные смартфоны и другие электронные гаджеты широко используются незрячими и слабовидящими людьми, несмотря на сложности и ограничения в восприятии. В настоящее время существует целый ряд разработок – планшетов, которые адаптированы для незрячих.

VLITAB – планшет для слепых и слабовидящих пользователей. Нижняя часть VLITAB представляет собой планшет, работающий на операционной системе Android, сверху установлен дисплей Брайля, работающий по принципу микрофлюидики: поступающая по каналам жидкость давит на мембрану экрана, форми-

руя на поверхности изображение из осязаемых точек. Дисплей способен рельефно отображать не только текст, но и более сложную графику, например, изображения, схемы (рисунок 12) [42].



Рисунок 12 – Планшет VLITAB

Сейчас планшет работает как электронная книга, с использованием флеш-накопителя. Создателями ведутся работы по внедрению глобальной спутниковой системы позиционирования GPS в планшеты VLITAB. Текущее местоположение и прилегающая территория будут динамично отображаться на планшете в виде трехмерной модели, макет будущей разработки представлен на рисунке 13. Применение таких планшетов ограничено их размером, например, крупномасштабную карту на большую территорию изобразить на таком планшете невозможно, так как формат карты ограничен размерами планшета.



Рисунок 13 – Макет будущей разработки планшета VLITAB [42]

Команда разработчиков из Мичиганского университета создает экран-планшет, позволяющий выводить страницу текста, выполненного шрифтом Брайля. Работа устройства основана на использовании жидкости и воздуха, экран надувает небольшие пузырьки под поверхностью покрытого гибким материалом дисплея, которые составляют символы Брайля. Каждый пузырек снабжен клапаном, который открывается и закрывается, регулируя поток жидкости после очередной команды (значения кода). Пузырьки могут создавать не только буквы, но и сложные фигуры, например, рисунки и графики. Представленный учеными прототип довольно массивен и пока выглядит громоздким.

Основная задача исследователей и разработчиков – создать планшет, способный выводить объемные символы на весь экран, это откроет незрячим и слабовидящим людям доступ к математике и другим наукам. Прототип модели планшета показан на рисунке 14 [64].

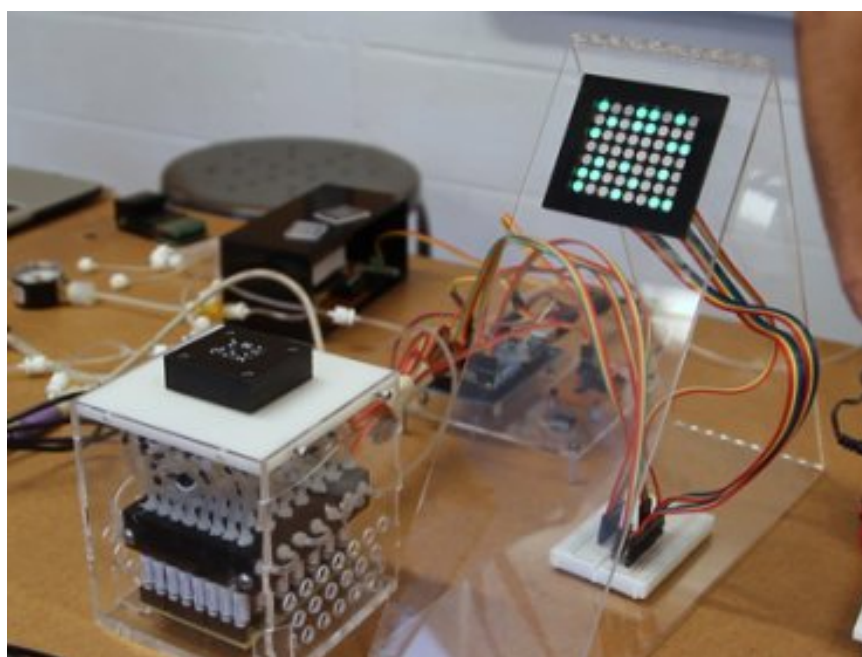


Рисунок 14 – Прототип разработки планшета
Мичиганского университета

Приведенные примеры разработок являются только проектами, и сколько лет может уйти на реализацию таких устройств, в настоящее время неизвестно.

Согласно предварительной оценке, стоимость одного такого гаджета составит порядка 500–1 000 \$. Не каждый незрячий человек сможет приобрести такое дорогостоящее устройство.

2 Навигаторы и камеры. Для людей без ограничения зрительной функции навигатор является вспомогательным средством при ориентировании на незнакомой местности, однако для слабовидящих и незрячих людей он может стать основным инструментом для ориентирования. Приемники-навигаторы для незрячих и слабовидящих, основанные на технологиях GPS и ГЛОНАСС, имеют достаточно простой голосовой интерфейс и обладают возможностью поиска по заданным параметрам, построения маршрута, добавления точек ориентирования, выполнения голосовых команд, позволяют давать подсказки и многое другое.

Достоинством таких технологий является возможность доступа к объектам городской среды без посторонней помощи. Недостатком – трудность восприятия незрячим человеком голосовых сообщений и подсказок во время движения, например, необходимо вести подсчет количества шагов во время движения, которые сообщает устройство, и низкая точность определения местоположения в городской застройке (помехи при приеме сигналов GPS от зданий и насаждений). Это вынуждает человека постоянно находиться в напряженном состоянии для правильного восприятия и физической реализации сообщений, которые отправляет устройство пользователю во время движения по заданному маршруту.

Рассмотрим несколько навигаторов для незрячих и слабовидящих людей.

«Kартен Mobility» – это устройство мобильной навигации, представлено на рисунке 15, работа навигатора основана на системе спутникового позиционирования GPS. «Kартен Mobility» обладает различными функциями, такими как определение местоположения, сопровождение по заданному маршруту, позволяет сохранять информацию об избранных местах [80]. Данное устройство может использоваться как во время пеших прогулок, так и при движении на автомобиле.



Рисунок 15 – Устройство мобильной навигации «Kapten Mobility»

Устройство имеет следующий функционал [80]:

- GPS-навигация – возможность перемещения по маршруту к избранному месту, контакту, ориентиру или по последнему маршруту. Режим свободной навигации предоставляет в реальном времени голосовую информацию об окружающем пространстве. Ориентиры используются для отметки выбранных пользователем адресов;

- MP3 – позволяет проигрывать музыку и записи;

- проигрыватель аудиокниг – функция, позволяющая прослушивать аудиокниги в формате «Daisy» (один из стандартных цифровых форматов для записи аудиокниг).

«Oriense» – комплект оборудования. Включает в себя навигатор «OrNavi» и камеру «OrCV», которые предназначены для использования в качестве вспомогательного устройства при ориентировании в пространстве слепых и слабовидящих людей.

Устройство навигатора и камеры автономны (не используют модулей связи), работа с устройством производится через клавиатуру [79].

Работа навигатора «OrNavi» основана на принципе «одна кнопка – одна функция», пользователь имеет возможность получать необходимую информацию посредством голосовых сообщений, звуков и вибрации. Устройство моделирует поведение незрячего человека на местности, находя различные препятствия и опасные объекты (ямы, лестницы, столбы, висящие рекламные щиты и т. д.), и предлагает пользователю варианты их обхода. Так как слух является основным инструментом при ориентировке незрячего человека, предлагается использование наушников костной проводимости, которые оставляют уши открытыми, но вместе с этим дают возможность воспринимать информацию от устройства.

Навигатор «OrNavi» представлен на рисунке 16. В навигаторе встроен голосовой синтезатор речи, который озвучивает текущее местоположение пользователя на карте, предупреждения о препятствиях.



Рисунок 16 – Навигатор «OrNavi»

Возможности навигатора [79]:

- определение местоположение пользователя в формате: улица, дом, район, населенный пункт;
- автоматические голосовые уведомления об объектах карты;

- пользователь самостоятельно может получить информацию об окружающих его объектах в конкретный промежуток времени;
- использование заданных маршрутов;
- поиск по категориям.

Камера «OrCV» – образец камеры представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – Камера «OrCV»

Использование камеры возможно как в помещениях, так и на улице в солнечную или дождливую погоду, при достаточной освещенности (исключение составляет полная темнота). Устройство оповещает об опасности звуками, голосовыми подсказками, вибрацией. Помимо вышеперечисленных возможностей, существует еще несколько вспомогательных функций камеры [79]:

- распознавание русских и английских текстов. Распознавание текста осуществляется без предварительного фотографирования, что позволяет увеличить скорость получения результата. Устройство позволяет распознавать тексты среднего и крупного шрифта, например, таблички на кабинетах, вывески магазинов, афиши, наименование банковских карт и др.;
- определение цвета;
- распознавание штрих-кодов на упаковках;
- распознавание QR-меток;

– распознавание денежных купюр (позволяет пользователю определить номинал купюры).

«ElSmart» – это смартфон-навигатор с клавишным управлением (рисунок 18) [81].



Рисунок 18 – Смартфон «ElSmart»

Смартфон работает под управлением операционной системы Android и позволяет использовать большинство функций и приложений для этой операционной системы.

«ElSmart», в зависимости от установленных приложений, позволяет осуществлять звонки абонентам и читать сообщения, а также прослушивать музыкальные композиции, аудиокниги, книги формата «Daisy». Имеется возможность слушать радио, получать и отправлять сообщения по электронной почте, посещать интернет-страницы, управлять подпиской в онлайн-библиотеке, ориентироваться на местности.

Интерфейс «ElSmart» полностью озвучен, управлять многими функциями «ElSmart» можно с помощью голосовых команд.

Навигаторы и камеры являются хорошим средством навигации, однако использование их не всегда удобно для незрячих по нескольким причинам:

– для использования навигатора необходимо пройти обучение, так как важно знать, как включить опции, как их настроить и как использовать, например,

выбрать пункт «А» и «Б», и как их изменить в случае неверного ввода. При этом, с развитием информационных технологий такие устройства часто изменяются, совершенствуются. Незрячему человеку довольно трудно следить за постоянными обновлениями и новыми версиями приложений и навигаторов;

– точность определения местоположения гражданскими устройствами довольно низкая (ошибки определения местоположения достигают десятков метров), особенно в городской застройке, ввиду наличия большого количества преград для получения GPS-сигнала, такими образом заведомо предоставляется некорректная информация для незрячего человека на местности, которая вводит его в заблуждение;

– использование смартфонов не позволяет сформировать ментальную картину мира, как например, тактильная карта. Незрячий человек не может оценить взаимное расположение объектов на местности, используя только навигатор.

3 Электронные трости. Наиболее применимым ассистивным устройством для незрячих и слабовидящих во все времена является трость, которая выполняет функцию «вытянутой руки» и позволяет определять препятствия на пути у незрячего. С развитием информационных средств трости также совершенствовались и в настоящее время их насчитывается большое количество, рассмотрим некоторые из них.

«Ray» – небольшое портативное устройство весом 50 граммов (рисунок 19). В основе работы устройства лежит система ориентирования, базирующаяся на ультразвуковой технологии. Этот чувствительный прибор является дополнением к трости и помогает незрячему пользователю при помощи ультразвуковых датчиков заблаговременно определить предметы и препятствия на местности и внутри зданий. Определение препятствия происходит на расстоянии 2,5 м, оповещение пользователя о преграде производится посредством звуковых сигналов и вибраций.

«Light Stick» – электронная трость (рисунок 20). Устройство состоит из трости и ультразвукового сенсора, расположенного в нижней части устройства-трости. При обнаружении препятствия или объекта электронная трость «Light

Stick» уведомляет об этом незрячего посредством серии вибраций различной интенсивности, в зависимости от расстояния до объекта.



Рисунок 19 – Портативное устройство «Ray»

В устройство встроен электронный сканер, который позволяет владельцу трости читать текст. Для этого следует направить объектив, находящийся на трости, на текст, который необходимо прочитать. Устройство осуществляет сканирование текста, распознает его и озвучивает через беспроводной динамик, который закреплен в держателе трости в режиме реального времени. Данное устройство также предусматривает наличие тревожной кнопки, посредством которой можно уведомить родственников или экстренные службы о возникновении чрезвычайной ситуации.



Рисунок 20 – Электронная трость «Light Stick»

Алтайские ученые-робототехники создали электронного помощника-сопроводителя, который помогает слепым и слабовидящим людям «почувствовать» предметы на расстоянии. Данное устройство представляет собой небольшой гаджет, одевается на руку как перчатка без пальцев. При приближении к препятствию-объекту прибор подает сигналы в виде вибрации: чем ближе препятствие, тем интенсивнее вибрация устройства.

Таким образом, в результате анализа состояния ассистивных средств доказано, что для ориентирования на местности незрячими и слабовидящими могут быть использованы: планшеты, электронные трости, аудиогиды, тактильные карты и планы, мнемосхемы. Комплексное использование таких ассистивных средств позволит изучать незрячему человеку окружающую действительность, однако не у всех людей, имеющих ограничения функций зрения, есть доступ к ним. Согласно проведенному анализу, альтернативой дорогостоящим ассистивным электронным средствам являются тактильные карты, которые позволяют в полной мере оценить взаимное расположение объектов на местности и сформировать ее ментальную картину.

Основные выводы по разделу 1 и задачи дальнейших исследований

В результате проведенного анализа состояния ассистивных средств и технологий сделаны следующие выводы:

- состояние ассистивных средств и технологий находится в настоящее время на этапе развития, это доказано большим количеством научных разработок, которые еще не представлены на рынке и не нашли широкого применения среди незрячих и слабовидящих граждан;
- развитие ассистивных средств и технологий за рубежом проходит с большим успехом, чем в России и странах СНГ;
- согласно проведенному анализу состояния ассистивных средств и технологий, востребованными являются тактильные материалы в виде карт и рельефно-графических пособий, так как такие материалы имеют доступные цены и могут

быть использованы многократно для ориентирования как на местности, так и в зданиях, а также являются дополнительным средством для закрепления полученных школьниками знаний на уроках географии и истории;

– практически все новейшие разработки основаны на создании мобильных и настольных устройств, которые формируют тактильные изображения на экранах, однако они являются дорогостоящими, в отличие от тактильных карт или рельефно-графических пособий.

Таким образом, задачами дальнейшего исследования являются:

– теоретическое обоснование особенностей создания и изучение восприятия тактильных карт для людей с ограничением зрительной функции;

– выполнение анализа ранее проведенных исследований по восприятию рельефно-графических пособий незрячими и слабовидящими;

– разработка собственной системы тактильных условных обозначений на основе изученных исследований;

– выработка критериев для оценки восприятия условных обозначений на тактильных картах и планах;

– проведение экспериментального исследования по восприятию разработанной системы условных обозначений с привлечением незрячих и слабовидящих людей;

– разработка рекомендаций по составлению тактильных условных обозначений.

2 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТАКТИЛЬНЫХ КАРТАХ

2.1 Тактильное восприятие и его особенности

Тактильное восприятие представляет 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 такого 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 исследований особенностей тактильного восприятия выявлено, что на восприятие тактильных карт незрячими людьми оказывают влияние следующие факторы: осязаемая поверхность, соблюдение форм и пропорций изображений, пластичность и износостойкость материала, четкость рельефа, доступность нагрузки, оптимальность размера, объемность изображения [50–53, 93, 94].

Нарушение зрительной функции в организме приводит к ослаблению зрительных чувств у слабовидящих или полному их отсутствию у слепых людей. Такие отклонения играют значительную роль в процессе восприятия. Особенность восприятия окружающего мира людьми с ограниченными функциями зрения накладывает отпечаток на представление и образное мышление. Формирование картины мира у слепых зависит от того, когда было потеряно зрение, от степени и характера осложнения. Поэтому представления зачастую фрагментарны и бедны, соответственно, чем раньше зрение было потеряно, тем беднее образы не только количественно, но и качественно.

В ходе восприятия задействуются несколько анализаторов – зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, тактильный. В процессе осуществления разных видов физической деятельности один из ранее описанных анализаторов становится ведущим. Среди всех анализаторов в зависимости от условий жизни и видов деятель-

ности один становится доминирующим. Отсюда определяется характерный тип восприятия человека. Как правило, у большинства людей доминирующим является зрительный анализатор. Причем, даже если у человека имеются серьезные нарушения функций зрения, например, как у слабовидящих или у людей без ограничения зрительной функции, наблюдается зрительно-двигательно-слуховой тип восприятия. Только при значительных отклонениях зрительной функции – тотальной слепоте, не может визуально восприниматься большая часть окружающих предметов и явлений и доминирующее место принимает осязательное восприятие, в основе которого лежат кожно-механический и двигательный анализаторы. Но в зависимости от остроты зрения и характера физической деятельности, зрительный анализатор продолжает принимать участие в процессе восприятия окружающей действительности.

Глаза и руки имеют способность исследовать следующие категории признаков: форму, направление, величину, движение, покой, телесность и удаление. Однако, не считая перечисленных категорий признаков, только при помощи зрения человек может различить цвет, а тепло, холод и вес – только с помощью осязания. Отсюда следует, что осязательное и зрительное восприятия отражают разное число признаков. Зрительное восприятие позволяет оценить восемь категорий признаков, а осязательное – одиннадцать, но несмотря на то, что большее количество признаков можно различить осязательно, полученная картина в зрительном восприятии будет полно и точно отражать действительность. «Рука, – писал Сеченов И. М., – ощупывающая внешние предметы, дает слепому все, что дает нам глаз, за исключением окрашенности предметов и чувствования вдаль, за пределы длины руки» [86].

После потери зрения наиболее развитым чувством восприятия становится осязание – тактильное восприятие. Качество тактильного восприятия зависит от целей познания материала, опыта чтения шрифта Брайля, заинтересованности незрячего человека в процессе изучения материала, наличия дополнительных знаний, сформированности как общих, так и специальных приемов и навыков самостоятельной работы.

Рассмотрим факторы, которые влияют на восприятие рельефной графики и тактильных карт незрячими и слабовидящими людьми [93].

Четкий рельеф. Под четкостью рельефа понимается «выпуклость» – высота рельефных элементов графики не меньше 0,5 мм и не выше 3–4 мм, которую можно называть оптимальной. Такая высота характерна для контуров условных обозначений, которые позволяют создать наиболее благоприятные условия для тактильного восприятия материала.

Доступность нагрузки. В тактильных материалах, предназначенных для незрячих и слабовидящих людей, отображаемые объекты должны быть генерализованы, при этом должны быть четко выделены основные признаки объекта, предмета, процессов, которые позволяют в достаточной мере объективно изучить обследуемый материал. Нагрузка тактильных материалов должна напрямую зависеть от возраста пользователей (взрослые или школьники), степени владения шрифтом Брайля, характера заболевания – тотальная слепота или слабовидение.

Оптимальность размера. Оптимальный размер или площадь рельефно-графического материала определяется поверхностью ладони и длиной руки человека. Если материал имеет больший размер (площадь), чем длина руки незрячего, то распознаваться такой материал незрячим будет сложнее. Поэтому, если материал превышает оптимальный размер, возникает необходимость нарушать установленные размеры рельефно-графических пособий. Оптимальными размерами крупноформатных изданий считаются форматы 40 × 40 см или 60 × 60 см.

Объемность изображения. Форма объекта должна быть передана с помощью линий и высотных характеристик.

Соблюдение форм и пропорций изображений. Важно соотносить формы и размеры изображения в зависимости от масштаба для правильного формирования представлений об объектах.

Осязаемая поверхность. Поверхность рельефно-графических пособий должна успешно тактильно распознаваться незрячими.

Наличие цветов. Многоцветность рельефно-графических пособий и тактильных карт – одно из важных условий использования остаточного зрения (сла-

бовидения), которое позволяет в совокупности с осязанием формировать представления о предметах и явлениях. Следует отметить, что данный фактор не применим для тактильных карт и рельефно-графических пособий, предназначенных для тотально незрячих людей.

Пластичность и износостойкость материала. Материал, используемый для изготовления рельефных пособий, должен быть износостойким, эластичным, приятным для осязания.

В процессе изучения тактильных карт значительную роль играют их тактильные характеристики. Всего насчитывается семь тактильных характеристик: форма, структура, симметрия, асимметрия, размер, пропорции и масштаб. Для правильного восприятия и извлечения максимальной полезности при изучении тактильных материалов необходимо использовать перечисленные факторы и характеристики при создании тактильных условных обозначений. Важную роль играют точная передача формы, содержания, истинная пропорция. При создании рельефно-графических пособий и тактильных карт для слабовидящих и незрячих необходимо корректно отображать масштаб объектов. Если предметы отличаются размерами в действительности, то их нельзя отобразить одинаковыми на карте, схеме или плане. Проблема разработки или выбора условных обозначений для тактильных карт назрела давно, именно поэтому ученые и тифлопедагоги изучают тактильное восприятие незрячих и слабовидящих людей [3–7, 20, 21, 27, 29–32, 41, 46, 50–53, 55, 61, 62, 66, 68].

Исследование ключевых факторов и тактильных характеристик, влияющих на создание рельефной графики и тактильных карт, позволило выделить принципы их создания [102]:

– составление рельефно-графических материалов и тактильных карт должно происходить с учетом возможностей зрительной функции аудитории незрячих или слабовидящих людей, для которых составляется материал, также должна учитываться степень развития их познавательных процессов;

– на графических материалах должны быть отражены только те элементы, которые отражают важную информацию и необходимы для точного толкования ее значения. Такие элементы должны отображать содержание, свойства и признаки, которые присущи тому или иному предмету, явлению или процессу;

– изображения, которые характеризуют одинаковые объекты, процессы и явления, должны иметь единое графическое отображение;

– если следует представить сложные графические материалы (включающие семь тактильных характеристик), то применяются поэтапные переходные изображения, позволяющие изучить отдельные структурные части, детали, фрагменты предметов, процессов или явлений;

– у изображения (картографируемой территории) должна быть легкая, четкая, запоминающаяся структура, должен быть основной узел скопления информации – композиционный центр;

– не допускается смещение элементов единого изображения, если они выполнены разными способами (ортогональная, аксонометрическая проекции и др.);

– если материалы предназначены для слабовидящих, то отображаемые предметы, объекты и явления должны иметь достаточно высокий цветовой контраст;

– каждый признак предметов, объектов или явлений необходимо четко отображать контуром или ограничительными линиями;

– если какой-либо объект необходимо отобразить объемным, следует усилить его контур, а также элементы, которые характеризуют объем, – это изменение величин углов, сокращение линий и др.

Изученные принципы составления тактильных карт и рельефно-графических пособий и факторы, влияющие на тактильное восприятие незрячих и слабовидящих, послужат основой для проведения собственного экспериментального исследования по тактильному восприятию условных обозначений.

2.2 Анализ проведенных ранее исследований по восприятию незрячими и слабовидящими людьми тактильных условных обозначений и карт

Наиболее развиты технологии создания тактильных карт и рельефно-графических пособий в странах Европы и Северной Америки, однако даже в этих странах единая методика создания тактильных карт и система тактильных условных обозначений отсутствуют [99, 101, 103, 104, 107, 109, 116, 117, 121, 124, 127, 131, 133, 134, 135, 139, 141, 144, 145, 147, 159, 161, 162–166, 169, 170, 173, 177].

По теме диссертационной работы существуют значимые исследования, к которым следует отнести:

1 *Исследования по подбору оптимальной высоты условных тактильных знаков для восприятия незрячими.* Проводились Jehoel S., Sowden P. T., Ungar S., Sterr A. [99, 138]. Данное исследование включает две части: в первой части производилась оценка текстуры условного знака и точность его восприятия, во второй части исследования оценивались текстура условного знака и быстрота его восприятия. По результатам исследования было доказано, что минимальная высота, которая может тактильно распознаваться незрячими, колеблется в диапазоне от 0,040 до 0,080 мм, при этом, согласно [132], минимальная высота рельефной графики 0,4 мм.

2 *Исследование по тактильному восприятию различных типов условных обозначений для использования на различных видах тактильных карт.* Проводилось данное исследование в Исследовательской лаборатории пространственного и картографического познания (Spatial and Map Cognition Research Lab) [148–158]. В рамках данного исследования подбирались типы условных обозначений для различных видов картографических материалов. На рисунке 21 приведен пример условных знаков для навигационных мнемосхем.

На сайте лаборатории имеются готовые варианты карт для печати на микрокапсульной бумаге (рисунок 22).

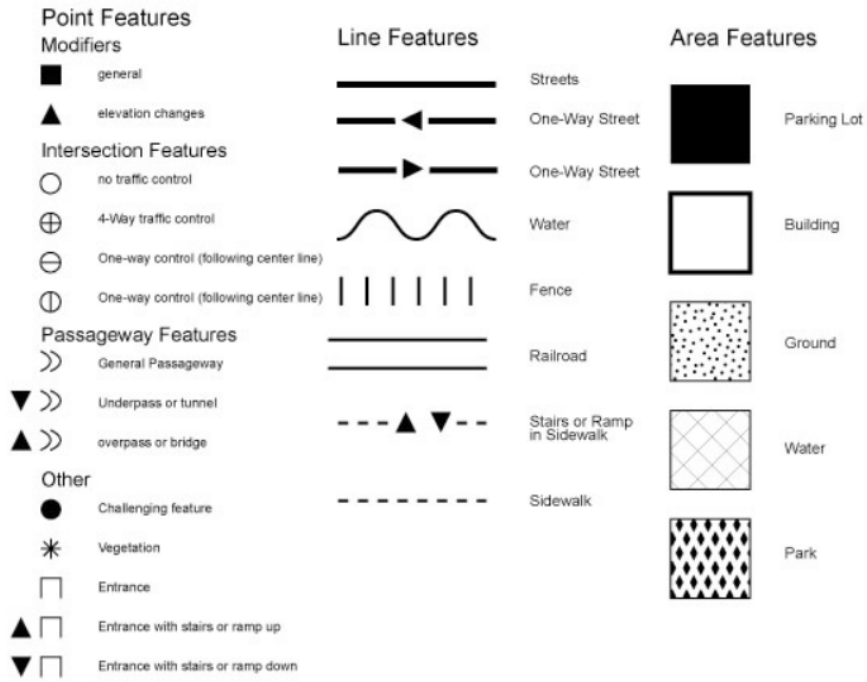


Рисунок 21 – Условные обозначения для навигационных мнемосхем

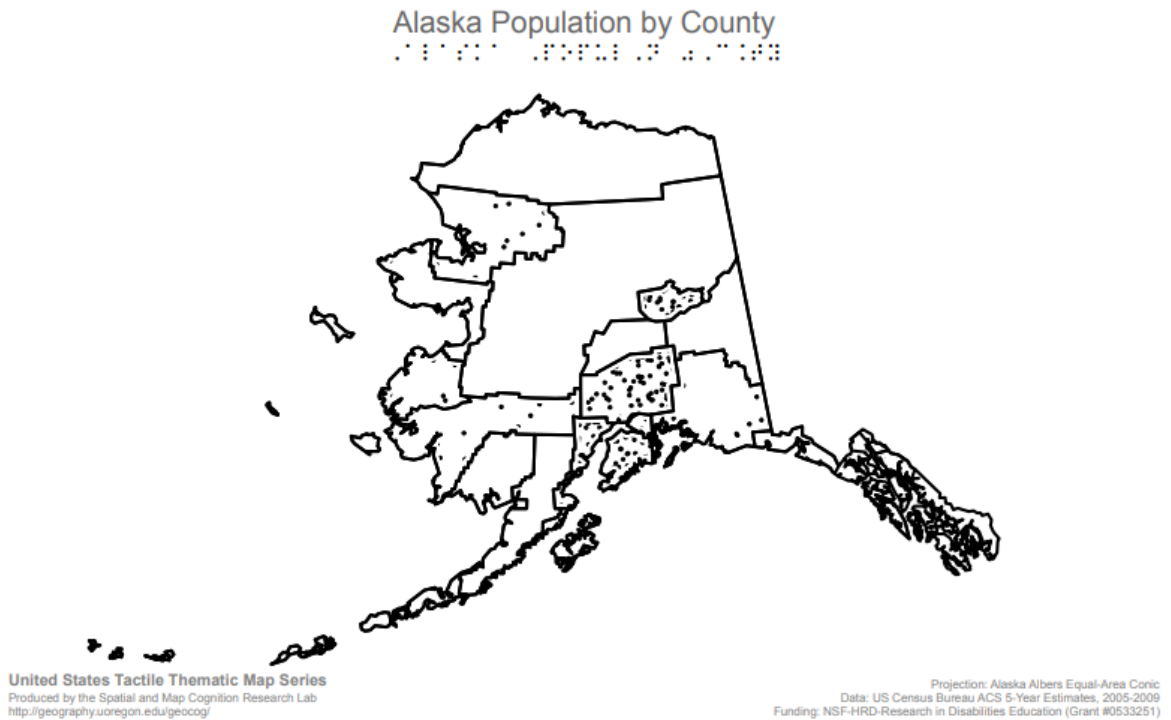


Рисунок 22 – Тактильная карта «Население Аляски»

Исследование по разработке программного обеспечения по созданию тактильных карт. Исследование, проводимое Исследовательской лабораторией

пространственного и картографического познания (Университет Орегона), является масштабным, для получения результатов ушло около 15 лет. В результате было разработано программное обеспечение, которое позволяет создавать тактильные карты [172]. Программное обеспечение является по сути графическим редактором, имеющим систему условных обозначений для объектов местности и набор инструментов (рисунок 23).

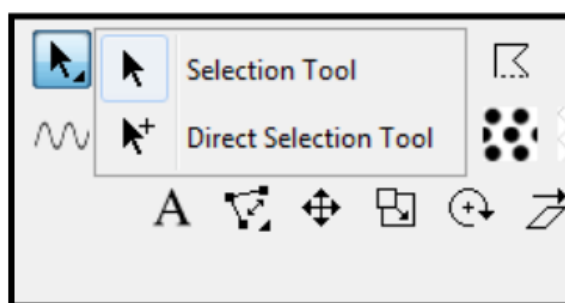


Рисунок 23 – Набор инструментов в программном обеспечении [172]

На сегодняшний день не существует общепринятых стандартов и редакционных документов, в соответствии с которыми должны составляться рельефно-графические пособия, тактильные карты и планы. Разработанная и апробированная технология создания тактильных произведений в России отсутствует. Разработка таких стандартов должна опираться на знания методистов, тифлопедагогов, картографов, издателей и представителей в Министерстве просвещения и Министерстве науки и высшего образования. Существует несколько методических пособий по созданию тактильной графики [40, 44, 110–112, 122, 132, 134, 146], однако они разработаны тифлопедагогами, поэтому тема тактильной картографии там практически не освещена.

Перечень созданных тактильных картографических произведений не только в России, но и в мире, невелик, и не все из них имеют качество, достаточное для уверенного распознавания тактильной графики незрячими людьми. Тактильные произведения имеют высокую стоимость изготовления и сложную технологию производства, что зачастую ограничивает их тиражирование [56].

3 *Исследования для разработки Канадского стандарта тактильной графики.* В странах Северной Америки разработан стандарт по созданию тактильной графики [132], включающий и создание тактильных карт, но он пока действует только в пределах общественных организаций, не выходя на государственный уровень. Все образцы и примеры тактильной графики, приведенные в стандарте, сопровождаются перечнем указаний и правил. Важной информацией для картографов, представленной в стандарте, является пояснение по созданию тактильных карт, в разделах приведены примеры сокращений стран для использования на картах, группы условных обозначений, масштабы и правила размещения карт на форматах брайлевской книги, способы создания карт и многое другое.

В [132] имеется большое количество исследований по восприятию рельефно-точечного шрифта Брайля. К ним следует отнести исследования специального комитета по созданию рельефно-графических пособий (BANA), выполненных шрифтом Брайля. Исследования были выполнены в 2001–2004 гг. в четыре этапа [105,106, 123, 143, 174, 175]:

1 На первом этапе было изучено 8 429 страниц брайлевских книг, чтобы определить, что встречается чаще всего в учебниках и пособиях: комбинации цифр, букв и цифр, знаков препинания. Этот этап исследования был завершен осенью 2002 г. и представлен на Генеральной Ассамблее ICSEB в 2004 г.

2 Второй этап исследования был проведен на базе реабилитационного научно-исследовательского центра для слепых и слабовидящих людей (Rehabilitation Research and Training Center on Blindness) университета штата Миссисипи. Данное исследование носило экспериментальный характер, оценивались беглость чтения и речи незрячих людей. Этот этап исследования был завершен в октябре 2003 г.

3 Третий этап исследования был проведен совместно с докторами наук Knowlton M. и Wetzel R. и состоял из трех частей с тестированием на различных материалах и возрастных группах. По результатам исследования было опубликовано две статьи в журнале «Journal of Visual Impairment & Blindness» в 2006 г. [143, 174, 175]. Предварительные результаты были представлены на общем собрании Ассамблеи ICSEB.

4 На последнем этапе были напечатаны материалы по ранее проведенным исследованиям и распространены в Соединенных Штатах Америки и Канаде. По результатам тиражирования материалов были получены комментарии и пожелания от 248 читателей.

Аналогичные исследования по восприятию шрифта Брайля были выполнены в Новой Зеландии и Австралии в 2008–2012 гг. По результатам проведенных исследований были составлены требования для печати рельефно-точечного шрифта Брайля, которые и составили основу стандарта [132].

В [132] рассмотрены также палитры текстур для обозначения площадных объектов на тактильных картах и схемах (рисунок 24).

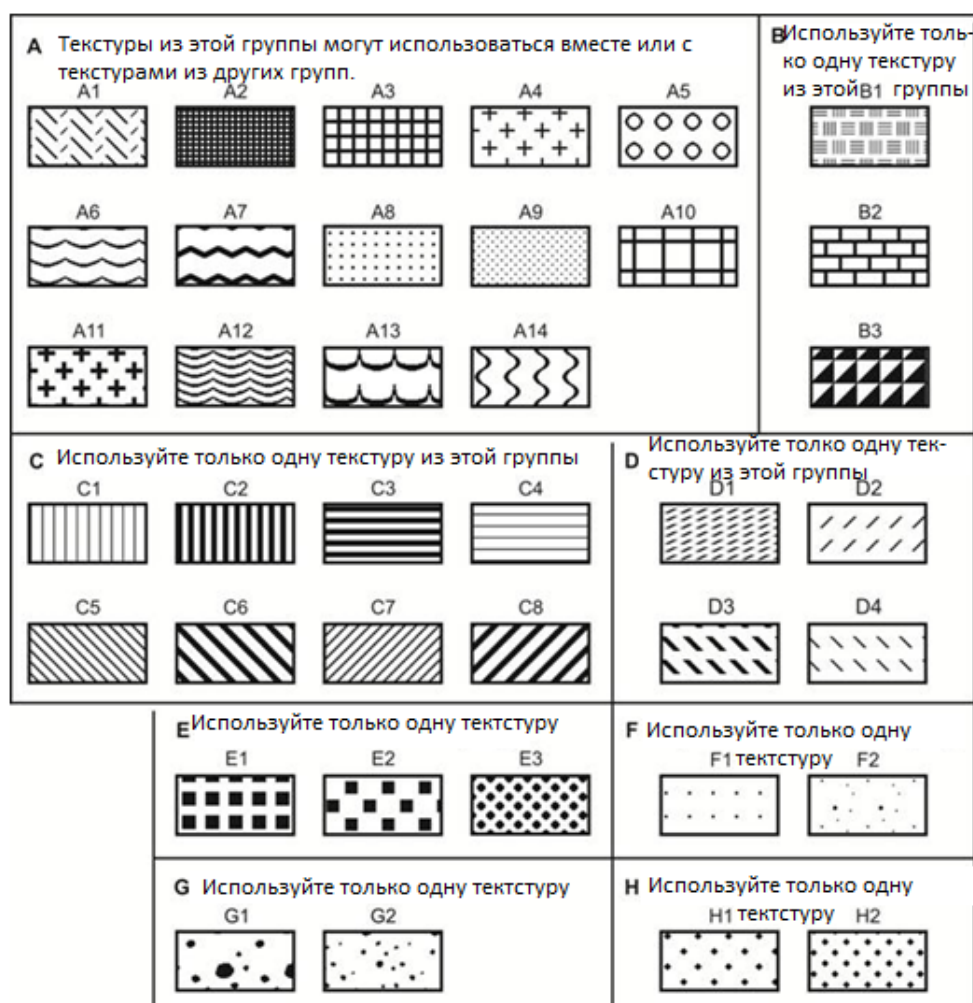


Рисунок 24 – Палитры текстур Канадского стандарта тактильной графики для обозначения площадных объектов

Палитры текстур в [132] для площадных объектов разделены на восемь групп, первая группа «А» включает в себя 14 текстур, каждая из них может использоваться совместно с текстурами из других групп на тактильных картах и схемах. Палитры групп «В», «С», «D», «Е», «F», «G», «H» могут использоваться только по одной из каждой группы. Также рассмотрены линейные условные обозначения для использования на тактильных картах и схемах, они представлены на рисунке 25. Важным фактором является то, что составители стандарта указывают рекомендуемую толщину для линейных условных знаков и примеры текстур для площадных знаков, но расстояния между элементами, например «пунктир – точка», никак не регламентируются.

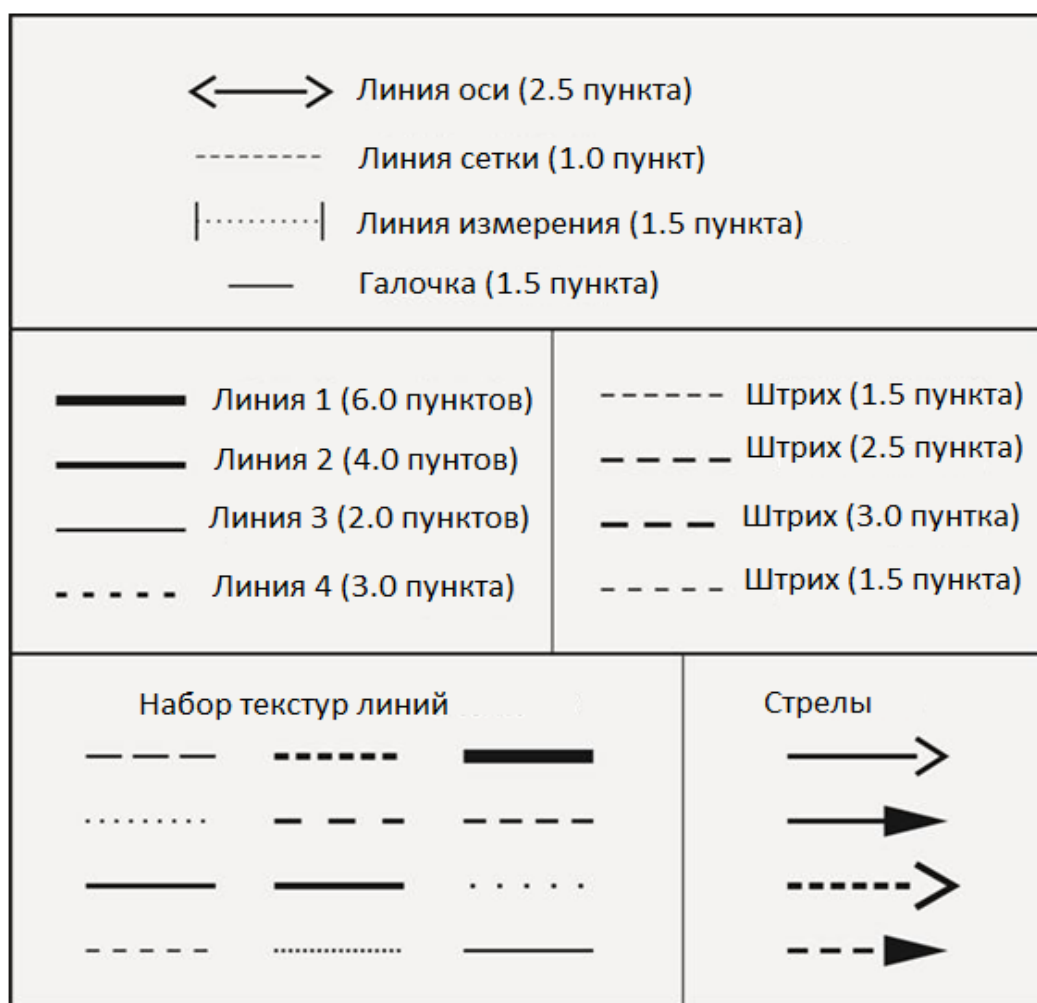


Рисунок 25 – Набор текстур линий для обозначения линейных объектов на тактильных картах и схемах

Согласно изученным исследованиям, проведенным в рамках составления [132], стоит сделать выводы о том, что необходимо проводить независимое исследование по восприятию условных обозначений на тактильных картах и других рельефно-графических материалах, с использованием различных материалов и методов печати.

5 Исследования советских тифлопедагогов. Среди научных трудов, которые посвящены тактильному восприятию рельефно-графических пособий, следует отметить публикации отечественного тифлопедагога Литвака А. Г. Он является автором более 140 научных исследований, а его учебное пособие «Тифлопсихология» [53], в котором обобщены результаты как собственных теоретико-экспериментальных исследований, так и исследований сотрудников проблемной лаборатории и кафедры, проводимых в течение 1960–1980 гг., известен не только в нашей стране, но и за рубежом. Не менее важно его второе учебное пособие – «Психология слепых и слабовидящих» [52], которое также содержит исследования по восприятию рельефной графики незрячими и слабовидящими.

В своих работах Литвак А. Г. показывает, что только на основе диалектико-материалистической теории познания, заложенной в трудах отечественного психолога и дефектолога Выготского Л. С. [20, 21], возможно преодоление одностороннего и умозрительного характера порой крайне противоположных и противоречивых зарубежных и отечественных концепций психического развития человека при наличии зрительной патологии.

6 Исследования Новосибирского государственного университета по типам условных обозначений. Одним из ярких примеров исследований в рамках научно-исследовательской работы служит исследование Игумнова А. Ю. под руководством кандидата биологических наук Дорошевой Е. А., проводимое на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» и государственного бюджетного учреждения культуры Новосибир-

ской области «Новосибирская областная специальная библиотека для незрячих и слабовидящих».

Для проведения исследования было разработано 60 точечных условных обозначений, которые представлены на рисунке 26 [33].

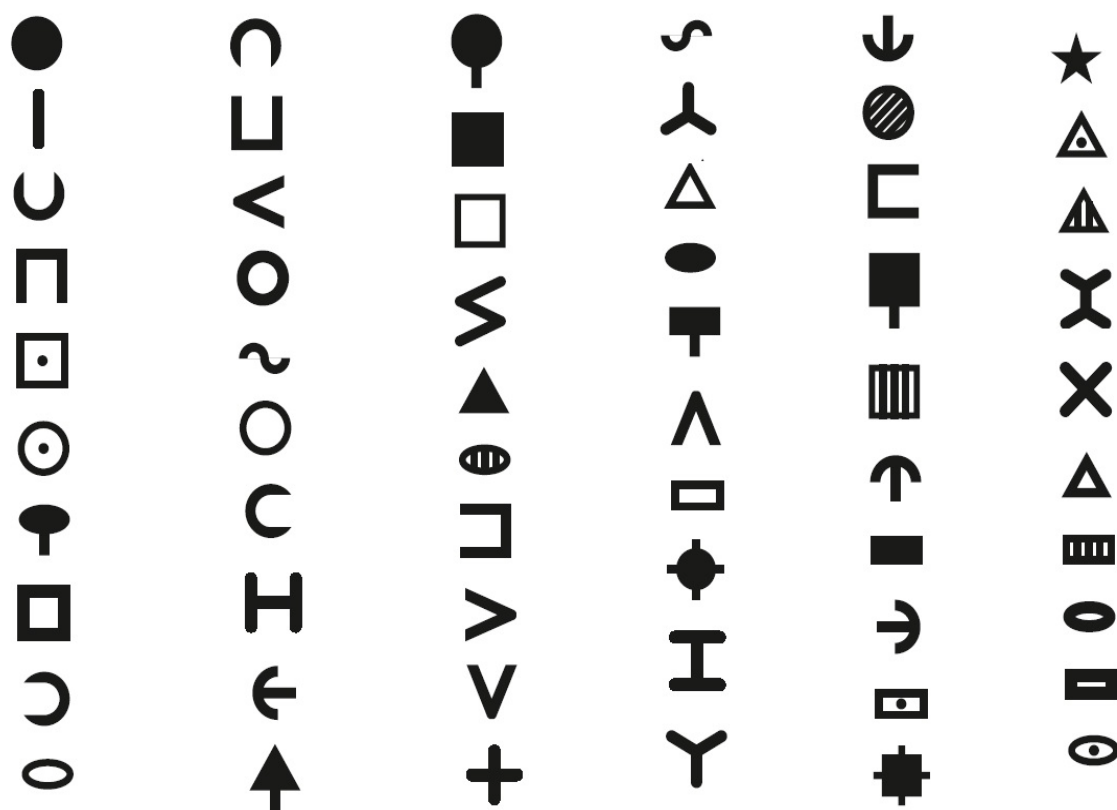


Рисунок 26 – Точечные условные обозначения [33]

Образцы точечных объектов на рисунке 26 имеют угловатые и неправильные формы, что несколько противоречит исследованиям ученого Литвака А. Г.: «...проведенные ранее исследования утверждают, что наибольшее воздействие на познание окружающей картины оказывают правильные округлые формы, их четкие границы» [50–54].

Что касается условных обозначений для линейных объектов на картах и схемах, которые представлены на рисунке 27, то общие текстуры линий схожи с текстурами из [132].

Исследование, проведенное Доросевой Е. А. и Игумновым А. Ю., позволило сделать выводы [33]:

- выявлены гендерные различия в тактильном восприятии рельефной графики. Женщины, в отличие от мужчин, распознают рельефные объекты быстрее и четче. На восприятие и чтение рельефного значка женщины тратят меньше времени, чем мужчины;
- выявлены возрастные различия в тактильном восприятии рельефной графики. В большинстве случаев, молодые люди быстрее воспринимают и читают рельефную графику, чем люди старшего возраста;
- активное пользование и изучение азбуки Брайля и других тактильных материалов значительно влияет на качество восприятия и чтения рельефных значков. Люди, давно владеющие шрифтом Брайля, делают большие успехи в распознавании тактильных условных обозначений, чем не владеющие.



Рисунок 27 – Линейные условные обозначения [33]

Таким образом, анализ проведенных ранее исследований по тактильному восприятию типов условных обозначений, шрифта Брайля и рекомендаций по использованию условных обозначений показал, что результаты исследований во многом противоречат друг другу, и, следовательно, не могут лечь в основу для разработки единой системы тактильных условных обозначений и последующей разработки методики создания тактильных картографических материалов. Также следует отметить, что при создании тактильных картографических материалов практически не находят применения 3D-печать и геоинформационные технологии.

В настоящее время 3D-печать применяется во многих сферах: промышленности, строительстве, медицине, туризме, образовании. Принцип действия 3D-принтера заключается в последовательном наложении тончайших слоев расходного материала (например, пластика, металлической пудры или гипса). Такая технология изготовления моделей отличается высокой скоростью. При этом постоянно совершенствуются печатающие устройства и расширяется спектр используемых материалов. Наиболее широкое применение находят пластики [34, 35]. Максимальный формат печати в настоящее время может достигать нескольких метров, однако такие 3D-принтеры являются единичными экземплярами.

В свою очередь, геоинформационные системы являются универсальным инструментом в картографии. Технологии геоинформационного картографирования являются базовыми при создании картографической продукции. Программные средства в тактильной картографии – это программы векторного графического дизайна: Corel Draw, Adobe Indesign [11, 14, 24, 36, 45]. Такие технологии были оправданы на этапе внедрения компьютерных технологий в картографию, но сегодня на смену графическим редакторам в тактильной картографии должны прийти геоинформационные системы. Тактильная карта станет массовым продуктом, по сути, настольные картографические системы в тактильной картографии – это компьютер с установленным ПО ГИС, оборудование для печати на микрокапсульной бумаге и 3D-принтер.

Очевидно, что аддитивные и геоинформационные технологии имеют все предпосылки для применения в тактильной картографии, однако наработок в данном вопросе немного. Поэтому обосновать возможность использования геоинформационных технологий для автоматизации процесса создания тактильных карт и предложить по результатам обоснования собственную методику.

Для разработки методики создания тактильных картографических материалов с использованием геоинформационных систем и аддитивных технологий, во-первых, необходимо разработать тактильные условные обозначения и провести исследование по их восприятию незрячими и слабовидящими людьми, с использованием традиционного метода печати – печать на микрокапсульной бумаге, во-вторых, обосновать основные этапы методики и апробировать ее.

2.3 Разработка критериев для проведения исследования по восприятию тактильных условных обозначений

Незрячие и слабовидящие должны запоминать многое, на чем люди не имеющие ограничения зрительной функции не фокусируют внимание. Если к этому добавить затруднения, испытываемые слепыми и слабовидящими при работе с литературой, трудности при перемещении в городской среде, внутри зданий, то необходимость прочного запоминания и длительного сохранения большого количества дополнительной (по сравнению с нормой для зрячих) информации для незрячих станет вполне очевидной. Согласно исследованиям советских и зарубежных ученых [27, 46, 50–53, 55, 62, 66, 89, 93, 94, 97, 108, 115, 118–120, 125, 126, 128–130, 136, 137, 140, 142, 160, 167–168, 171, 176], память у незрячих и слабовидящих развита сильнее, чем у зрячих.

Для проведения исследования по тактильному восприятию, согласно [31, 32, 50–53, 60–62, 176], примем следующие критерии оценивания тактильных условных обозначений.

1 Быстрота тактильного восприятия – количество затраченного времени для изучения условного обозначения. Чем быстрее будет прочитано условное обозначение незрячим человеком, тем быстрее будет изучено картографическое произведение. Скорость чтения тактильных условных обозначений может значительно изменяться из-за физиологических характеристик организма незрячего, из-за степени владения шрифтом Брайля и опытом чтения графических тактильных материалов [50–53].

2 Отличие от других условных обозначений – возможность свободно отличать распознаваемый знак от других на тактильной карте (контрастность восприятия условных обозначений). Этот критерий позволит незрячему или слабовидящему человеку изучить различные явления и объекты, имеющиеся на карте с большой полезностью, эффективностью, без дополнительного участия тифлопедагогов, психологов и др. [50–53, 176].

3 Одинаковое восприятие различными категориями пользователей. Исследования [33, 50–53, 176] показали, что восприятие рельефной графики зависит от физиологических особенностей организма: когда было потеряно зрение, степень владения шрифтом Брайля, степень индивидуальной тактильной чувствительности, пол, возраст и пр.

4 Универсальность использования условного обозначения. Так как незрячими людьми большое количество условных обозначений плохо тактильно распознается на разных видах материалов, то необходимо разработать универсальную систему условных обозначений, которая может быть использована для различных картографических произведений – план, карта, схема. При этом в легенде карты один и тот же условный знак может обозначать различные объекты и явления местности, в зависимости от типа картографического произведения.

Разработанные критерии оценивания восприятия условных обозначений показаны на рисунке 28.



Рисунок 28 – Критерии оценивания восприятия условных обозначений

2.4 Разработка и апробация тактильных условных обозначений

Процесс проектирования – это самый важный этап в производстве тактильной карты, так как именно здесь закладывается основа всей возможной содержательной части и то, как она будет восприниматься незрячим или слабовидящим человеком.

В процессе проектирования тактильных карт и других материалов, предназначенных для незрячих и слабовидящих, все элементы картографируемой территории отображаются, как и в традиционной картографии [1, 6, 9, 10, 11, 13, 17, 25, 28, 45, 77, 83–84], тремя типами условных обозначений – площадной, точечный и линейный [8, 12, 18].

Площадной условный знак представляет собой определенный участок пространства, ограниченный контуром. Например, районы на карте административно-территориального деления.

Линейные объекты – это информация, которая отображается на рисунках и картах в виде прямых и кривых линий. Например, реки, дороги, географические границы, исторические или туристические маршруты. Линии могут отображать как реальные, так и воображаемые сведения. В большинстве случаев, этот знак является внемасштабным, так как ширина значительно преувеличивается на картах и показать ее на карте в реальном масштабе практически невозможно.

Точечные условные знаки указывают определенное место на рисунке или карте, которое всегда имеет координаты центра. Точка отражает конкретные данные – город, остановку, месторождение. Точечный знак является внемасштабным – он не отображается в масштабе карты.

Значительную роль на тактильной карте играют надписи или пояснительные условные обозначения. Они могут содержать слова, числа, буквы, написанные на шрифте Брайля. Надписи служат для уточнения дополнительных характеристик объектов. Незрячий человек распознает целые надписи лучше сокращенных, однако использование целых слов на тактильных картах и схемах может повлечь за собой много проблем в понимании изображения, так как сильно нагружает его. Поэтому при использовании надписей необходимо учитывать общую наполняемость карты тактильными условными обозначениями.

Данные, которые отображаются на тактильной карте, следует отбирать, отталкиваясь от назначения картографического материала. Тактильные условные обозначения не имеют важной графической характеристики – цвета. Единственной характеристикой, по которой незрячий может отличать условные обозначения друг от друга, является текстура (геометрия, контур).

Согласно рассмотренным типам картографических условных обозначений, в рамках настоящего исследования были разработаны образцы тактильных условных обозначений (рисунки 29, 30).

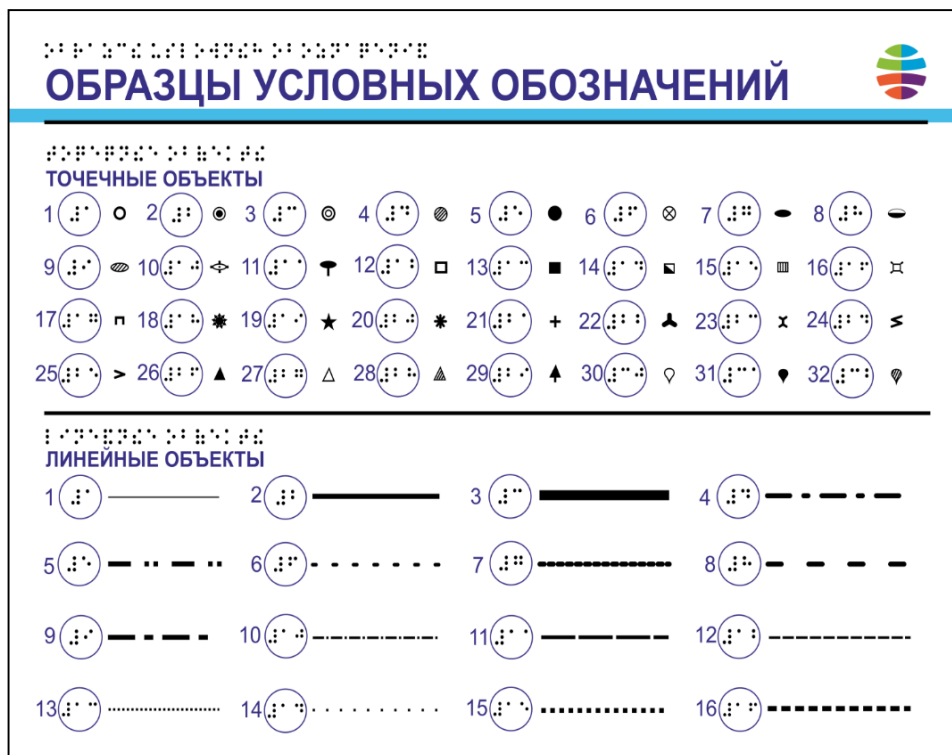


Рисунок 29 – Образцы условных обозначений линейных и точечных объектов

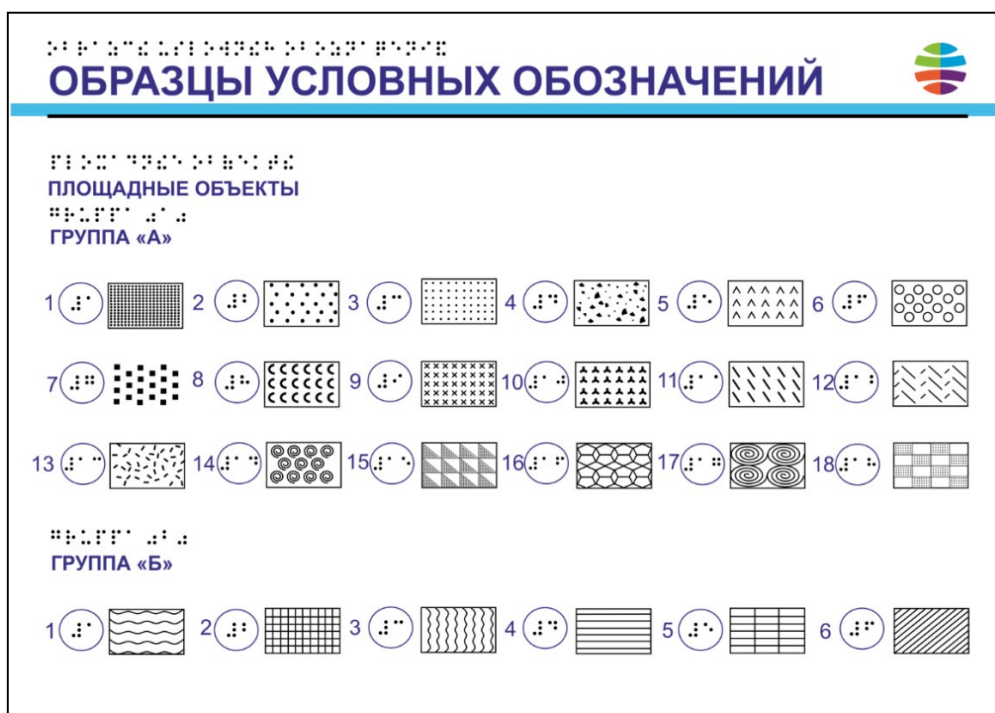


Рисунок 30 – Образцы условных обозначений площадных объектов

Точечные условные обозначения разработаны в соответствии с рассмотренными исследованиями, методическими указаниями [33, 50–53, 176] и общими ме-

тодическими указаниями, приведенными в [132]. Согласно этим источникам, точечные условные обозначения должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь размер не больше кончика пальца, при этом достаточно большую форму, чтобы их можно было различить тактильно, минимальный тактильно распознаваемый размер – 1,2 мм [50–53];
- если обозначения отличаются только по размеру и высоте над основой карты, то разница в размере или возвышении должна быть не менее 25 % [176];
- иметь четкий законченный контур.

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 29).

Для линейных условных обозначений применялись простые текстуры: непрерывные линии, пунктирные линии различных текстур толщиной от 0,5 до 4 мм. Для увеличения числа условных обозначений между элементами текстуры подбирались различные расстояния, изменялась длина элементов у текстур линий, сглаживались углы (см. рисунок 29).

Площадные условные обозначения были разделены на две группы (см. рисунок 30):

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

Из имеющихся условных обозначений [132] были заимствованы следующие площадные условные обозначения: из группы «А» – первый, второй, третий, четвертый, шестой, седьмой, одиннадцатый, двенадцатый, восемнадцатый; из группы «Б» – третий, четвертый и шестой (см. рисунок 30).

Разработанные условные обозначения были напечатаны на микрокапсульной бумаге для проведения экспериментальной части исследования.

Задача исследования заключалась в выборке условных обозначений из общего числа разработанных, представленных на рисунках 29, 30 [69–71], для формирования единой системы тактильных 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 была подготовлена сводная таблица результатов для каждого тестируемого, образец представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Образец анкеты для исследования условных знаков

Возраст		Пол	
Площадные знаки группа А		Линейные знаки	
1	2	1	2
3	4	3	4
5	6	5	6
7	8	7	8
9	10	9	10
11	12	11	12
13	14	13	14
15	16	15	16
17	18		
Площадные знаки группа Б			
1	2		
3	4		
5	6		
Точечные знаки			
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32

В результате исследования тактильного восприятия условных обозначений были сделаны следующие выводы [5, 69–71, 74]:

- незрячие и слабовидящие, знающие шрифт Брайля, на 40 % эффективней распознают условные обозначения, чем люди, не знающие его;

- форма точечного условного обозначения воспринимается незрячими 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 категории до 60 лет. После 60 лет в подавляющем большинстве (90 %) тестируемые 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 [132], 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 от общего числа;

- среди заимствованных условных обозначений из исследования [33] 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;

- условные тактильные обозначения, которые были успешно распознаны более чем 90% тестируемых, представлены на рисунке 31;

- выявлено максимальное число видов условных обозначений, которое может быть использовано на одной тактильной карте или плане (таблица 3).

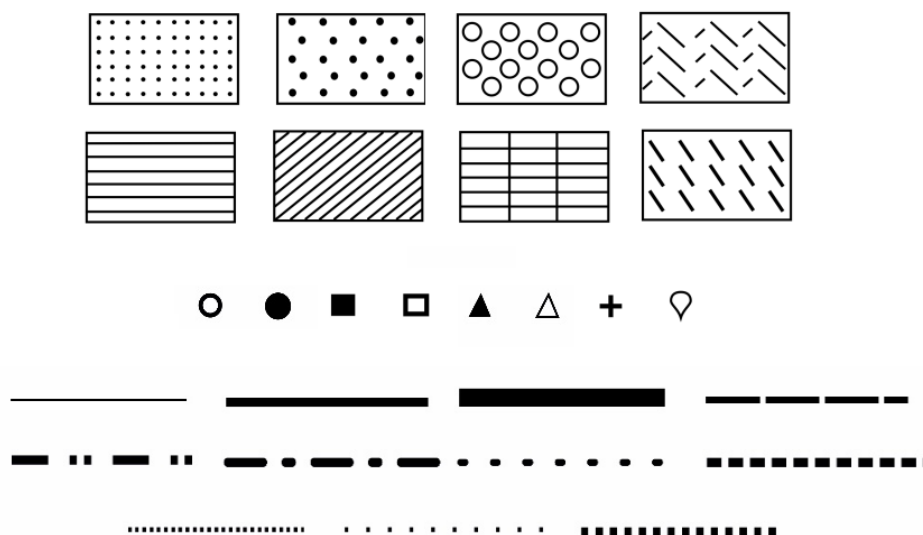


Рисунок 31 – Условные тактильные обозначения, которые были успешно распознаны более чем 90 % тестируемых

Таблица 3 – 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

2.5 Разработка рекомендаций по созданию тактильных условных обозначений и карт

По результатам проведенного исследования разработаны рекомендации по созданию точечных, линейных, площадных тактильных условных обозначений и компоновке тактильных карт и планов [5]. Данные рекомендации послужат основой для разработки единой методики создания тактильных картографических материалов.

1 Рекомендации по созданию точечных условных обозначений:

– размер условного обозначения по минимальному диаметру должен быть не менее 1,8–2 мм, так как минимальный тактильно воспринимаемый размер – 1,2 мм (рисунок 32);

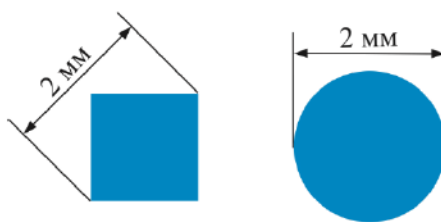


Рисунок 32 – Минимальный диаметр (диагональ)
точечного условного обозначения

– предпочтительно использование округлых форм (круг, эллипс), так как незрячие пользователи, особенно знающие азбуку Брайля, хорошо различают округлые формы (независимо от возраста и гендерных различий), допускается использование угловатых простых геометрических фигур – треугольник, квадрат и их модификации (рисунок 33);



Рисунок 33 – Условные обозначения в виде простых геометрических фигур

– необходимо исключить использование угловатых деталей, если длина детали менее 1,2 мм (рисунок 34);



Рисунок 34 – Размер угловатых деталей

– рекомендуется исключить точечные условные обозначения с внутренним заполнением иными текстурами, например, окружность с внутренним заполнением линиями (рисунок 35).



Рисунок 35 – Точечные условные обозначения с внутренней текстурой

2 Рекомендации по созданию линейных условных обозначений:

- минимальная толщина линии составляет 1,2 мм (рисунок 36);



Рисунок 36 – Минимально возможная толщина
линейного условного обозначения

- в предпочтительном большинстве необходимо использовать на тактильной карте или плане линии толщиной более 1 мм (рисунок 37);



Рисунок 37 – Рекомендуемые минимальные толщины линий

- необходимо исключить использование волнистых линейных условных обозначений, так как подобные тактильные текстуры не ассоциируются пользователями с объектами на карте (рисунок 38);



Рисунок 38 – Волнистая линия

– расстояние между структурными элементами линии, например, пунктиром и точкой не должно быть меньше 2 мм, так как при выборе меньшего расстояния структура линии не будет восприниматься тактильно (рисунок 39);

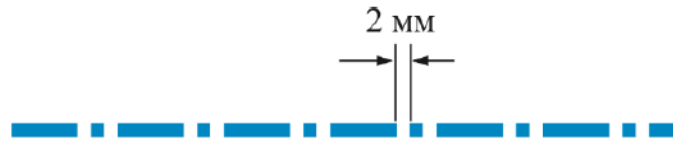


Рисунок 39 – Минимальное расстояние между элементами линии

– при использовании линии одинаковой текстуры необходимо соблюдать двойной шаг увеличения толщины линии. Линии толщиной более 4 мм необходимо использовать преимущественно на крупномасштабных картах, планах (рисунок 40).



Рисунок 40 – Рекомендуемый шаг увеличения толщины линии

3 Рекомендации по созданию площадных условных обозначений. Возможность использования площадных условных обозначений в тактильной картографии ограничена, поскольку использовать цвет на тактильных картах, которые предназначены только для незрячих, невозможно. Площадные условные обозначения формируются из точек, линий, паттернов и др., с помощью которых передается внутренняя текстура. Поэтому площадные условные обозначения сравнительно трудно распознаются незрячими, в отличие от точечных и линейных.

По итогам проведенного исследования можно сформулировать следующие требования к площадным условным обозначениям:

- внутренняя текстура должна быть представлена линиями или простыми геометрическими фигурами (квадрат, окружность, треугольник, линия);
- расстояние между линиями или геометрическими фигурами должно быть от 2 до 5 мм (рисунок 41);
- не рекомендуется применять более трех видов линейных текстур на одной карте, а точечных текстур – не более пяти (рисунок 42).

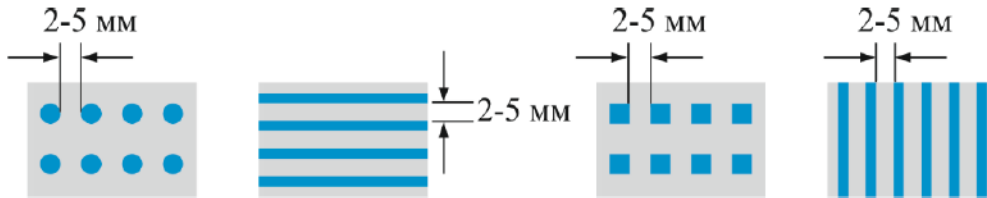


Рисунок 41 – Рекомендуемые расстояния между элементами площадных условных обозначений



Рисунок 42 – Площадные условные обозначения с использованием линейных текстур

4 Рекомендации по компоновке тактильных карт и планов. В традиционной картографии основные элементы содержания карты размещаются произвольно, за исключением заголовка, который всегда располагается в верхней части карты. В тактильной картографии размещение элементов содержания карты следует регламентировать.

На традиционных картах легенду обычно размещают в нижней части рабочей области, на тактильных картах ее следует помещать в верхней части карты,

под заголовком, чтобы пользователь предварительно изучил легенду, ознакомился с каждым условным знаком, а затем изучал само картографическое изображение. Последовательность размещения элементов карты сверху вниз (рисунок 43) должна быть следующей:

- заголовок;
- легенда;
- надпись масштаба;
- картографическое изображение.



Рисунок 43 – Типовой макет компоновки тактильной карты

Применение дополнительных элементов (графиков, диаграмм, карт-врезок) нежелательно, такие элементы следует давать в текстовом виде как приложения к карте.

Согласно сформулированным рекомендациям, были разработаны две тактильные карты на территорию Новосибирской области: карта административно-территориального деления и карта дорожной сети.

Легенда тактильной карты административно-территориального деления Новосибирской области (рисунок 44) включает два вида точечных условных обозна-

чений, которыми обозначены областной и районные центры и три вида линейных условных обозначений, которыми обозначены государственная и районная границы, а также граница Новосибирской области. Общее число видов условных обозначений, используемых на карте – пять, их использование опирается на разработанные рекомендации создания тактильных карт и планов в рамках настоящего исследования. Наличие цвета на тактильной карте говорит о том, что такая тактильная карта может быть использована слабовидящими людьми.

Формат карты – А1 (594 × 841 мм). На карте шрифтом Брайля подписаны наименования районов, а также субъекты и государства, с которыми граничит Новосибирская область, масштаб карты именованный – в 1 см 12 км.



Рисунок 44 – Макет тактильной карты административно-территориального деления Новосибирской области

Легенда тактильной карты дорожной сети Новосибирской области (рисунок 45), включает два вида точечных условных обозначений, которыми обозначены

ны областной и районные центры и четыре вида линейных условных обозначений, которыми обозначены граница Новосибирской области, железная дорога, усовершенствованное шоссе и шоссе. Общее число видов условных обозначений, используемых на карте – шесть, их использование опирается на разработанные рекомендации создания тактильных карт и планов в рамках настоящего исследования.



Рисунок 45 – Макет тактильной карты дорожной сети
Новосибирской области

Формат карты – А1 (594 × 841 мм). На карте шрифтом Брайля подписаны субъекты Российской Федерации и государства, с которыми граничит Новосибирская область, масштаб карты именованный – в 1 см 12 км.

Основные выводы по разделу 2

Таким образом, в результате анализа ранее проведенных исследований по тактильному восприятию незрячих и слабовидящих и собственных экспериментальных исследований получены следующие выводы:

- отсутствует стандартизированная система условных обозначений для использования на тактильных картах и планах;
- в научных публикациях не представлены методика и результаты апробации технологий и материалов для создания тактильных картографических произведений, предназначенных для незрячих и слабовидящих, при этом опубликованы характеристики материалов, которые могут быть применены для создания тактильных карт;
- изготовление тактильных материалов методом 3D-печати слабо изучено и не находит широкого применения;
- в настоящее время для создания рельефных графических материалов, тактильных карт и планов используются способы: УФ-печать на пластике и печать на микрокапсульной бумаге;
- при составлении тактильных карт и планов, рельефно-графических пособий необходимо руководствоваться факторами, от которых зависит степень тактильного восприятия создаваемых материалов;
- разработана и апробирована система тактильных условных обозначений для печати на рельефной микрокапсульной бумаге;
- по результатам апробации системы условных обозначений сделаны выводы по тактильному восприятию условных обозначений различными категориями незрячих и слабовидящих людей, отобраны условные обозначения для использования на тактильных картах, разработаны рекомендации по составлению тактильных условных обозначений и карт;
- согласно разработанным рекомендациям и условным обозначениям разработаны два макета тактильных карт на территорию Новосибирской области.

Таким образом, задачами дальнейшего исследования являются:

- изучение возможности применения геоинформационных технологий в тактильной картографии;
- изучение возможности применения аддитивных технологий при печати тактильных картографических произведений;
- разработка методики создания тактильных карт с применением геоинформационных и аддитивных технологий.

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ТАКТИЛЬНЫХ КАРТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

3.1 Обоснование разработки программного модуля на базе геоинформационной системы для создания трехмерных моделей тактильных картографических произведений

В настоящее время в картографии главенствующие позиции занимает геоинформационное картографирование. Геоинформационные системы представляют собой мощнейшие цифровые инструменты для организации пространственных данных, их анализа, моделирования происходящих в пространстве процессов, а также визуализации географической информации. Объекты карты формируются из картографических баз данных и могут быть отображены в любой проекции и фактически в любом масштабе [15, 16, 22, 37, 38, 47–49, 54, 78, 82, 87, 96]. Такое преимущество делает ГИС незаменимым средством для эффективного пространственного моделирования и применения в производстве тактильных карт [3–5, 72, 113, 114].

Технология создания тактильных карт до сих пор базируется на использовании программ векторной графики в отрыве от систем хранения и обработки географических данных, отличается трудоемкостью и высокими требованиями к профессиональным навыкам картографов. Применение геоинформационных систем в тактильной картографии позволит создавать тактильные карты и планы различных масштабов, назначения и территориального охвата, поддерживать актуальность картографических данных.

Таким образом, очевидны широкие возможности применения ГИС в тактильной картографии, и одним из вариантов такого применения будет являться разработка программного модуля, который позволит преобразовывать картографические цифровые данные из среды ГИС в тактильные картографические произ-

ведения в автоматизированном режиме. Однако, в связи с этим возникает вопрос: какими способами печати должны воспроизводиться тактильные карты, созданные на базе ГИС?

С развитием аддитивных технологий [34, 91] появилась возможность создавать тактильные карты на 3D-принтере. Такие технологии еще достаточно не апробированы, не исследованы особенности применения материалов для воспроизводства тактильной графики, хотя их использование позволило бы создавать тактильные карты в автоматизированном режиме и с наименьшими трудозатратами. Поэтому необходимо в разрабатываемый программный модуль заложить возможность создания трехмерных моделей тактильных карт для их дальнейшего воспроизведения на 3D-принтере. Таким образом, развитие тактильной картографии видится в применении геоинформационных систем и аддитивных технологий (рисунок 46).

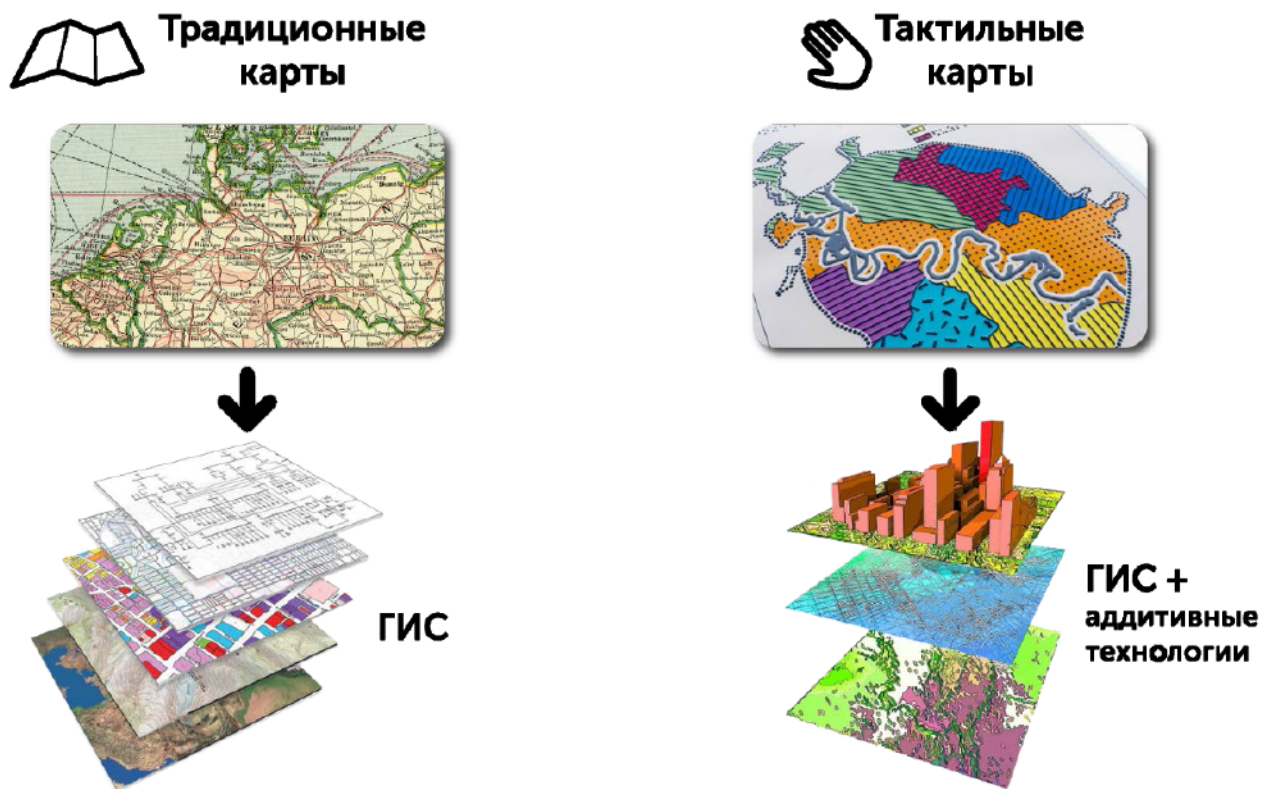


Рисунок 46 – Развитие картографии с использованием современных технологий

Исходя из вышесказанного, в рамках настоящей диссертационной работы необходимо разработать методику создания тактильных картографических произведений, которая заключается в преобразовании цифровых картографических данных из геоинформационных систем в трехмерные модели тактильных карт, которые возможно напечатать на 3D-принтере.

Необходимость в разработке специального программного модуля для создания тактильных карт и планов в автоматизированном режиме обусловлена также большой аудиторией незрячих и слабовидящих людей. Число людей с ограничением зрительной функции растет с каждым годом. Так, только в Новосибирской области число незрячих и слабовидящих составляет около 10 тыс. человек. По данным Всероссийского общества слепых, в России число людей с нарушением зрительной функции составляет 218 тыс. человек, среди них абсолютно слепых – 103 тыс. (47 % от общего числа) [65].

Тактильные карты, созданные с использованием программного модуля, будут способствовать:

- формированию пространственных представлений об окружающей действительности у незрячих и слабовидящих людей;
- ориентированию в среде мегаполиса, внутри зданий и на прилегающих к зданиям территориях;
- закреплению школьниками с ограничением зрительной функции (ОЗФ) знаний, полученных на уроках географии, истории и на предусмотренных учебным планом специальных занятиях по формированию пространственных представлений.

Области применения картографических произведений, созданных с помощью программного модуля:

- 1 Образование – специализированные детские сады, школы, высшие учебные заведения, библиотеки для незрячих и слабовидящих.
- 2 Культура – музеи, парки, скверы, театры.

3 Производство – научно-исследовательские центры, предприятия и организации.

4 Органы власти и местного самоуправления – администрации поселений, мэрии.

5 Туризм – санатории, базы отдыха, тактильные зоопарки, туристические агентства и др.

6 Службы МЧС – планы эвакуаций, схемы этажей и др.

7 Транспорт – схемы движения общественного транспорта, перекрестков, размещение остановочных пунктов, светофоров для незрячих и др.

8 Реклама и продажи – карты размещения новостроек и планы квартир, планы магазинов, торговых центров и др.

9 Здравоохранение – корпуса больниц и клиник, научно-исследовательских центров, реабилитационных центров, аптек и др.

3.2 Разработка методики создания

тактильных картографических произведений с использованием геоинформационных систем и аддитивных технологий

В рамках настоящей диссертационной работы разработана методика создания тактильных картографических произведений, которая заключается в преобразовании цифровых картографических данных из геоинформационных систем в трехмерные модели тактильных карт, которые возможно напечатать на 3D-принтере. Данную методику можно представить в виде укрупненной технологической схемы, состоящей из четырех этапов. Схема представлена на рисунке 47.

Рассмотрим более детально характерные особенности каждого из этапов предлагаемой методики.

1 *Подготовительный этап:*

а) составление технического задания на разработку тактильного картографического произведения. Данная технологическая операция определяет цели составления тактильного картографического материала, аудиторию незрячих или

слабовидящих пользователей и какие знания (умения) должны приобрести люди с ограничением зрительной функции по результатам использования данного тактильного материала;

б) определение границ и масштаба тактильного картографического материала. Сущность данной технологической операции заключается в выборе границ будущего тактильного картографического произведения, все виды тактильных картографических материалов имеют строго ограниченный формат, и создание любого его типа в данной технологической операции должно регламентироваться техническим заданием из предыдущей операции. Исходя из задач, описанных в техническом задании, составитель тактильного картографического материала определяет границы и масштаб, чтобы все объекты местности, которые согласно требованиям, из технического задания должны быть отображены на тактильном материале, распознавались тактильно незрячими людьми;

в) тип тактильного картографического материала (карта, план, схема). Результатом данной технологической операции является определение вида тактильного картографического материала исходя из определенных ранее масштаба и границ картографируемой территории. По результатам данного этапа технологической схемы определяется вид тактильного картографического материала.

2 Подготовка цифровой карты:

а) использование ранее созданной цифровой карты. Данная технологическая операция выполняется в том случае, если у составителя тактильного картографического материала уже имеются готовые цифровые картографические данные. Подбирается система координат для отображения картографических данных на будущей тактильной карте (плане, схеме), выполняется генерализация, в случае, если картографические данные слишком детальные, отбираются цифровые слои картографических данных, которые согласно техническому заданию должны быть отображены на тактильной карте, выбираются объекты на карте, которые необходимо подписать шрифтом Брайля. Для этого из атрибутивных таблиц объектов геоинформационных систем определяется конкретное поле, по которому будут подписаны выбранные составителем объекты цифровой карты.

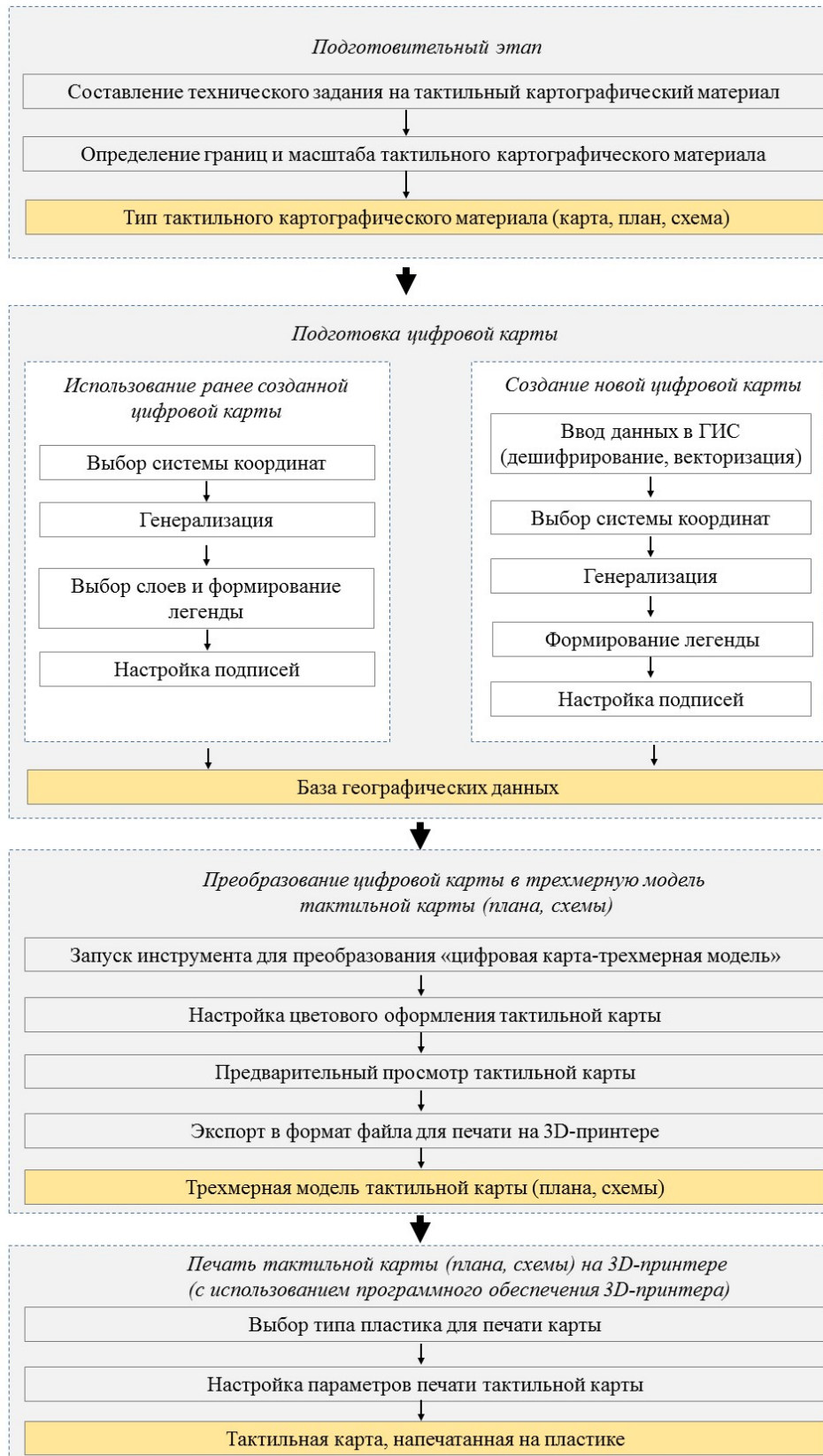


Рисунок 47 – Укрупненная технологическая схема применения геоинформационных систем и аддитивных технологий для создания тактильных картографических произведений

Результатом данной операции является база географических данных, которая содержит необходимые цифровые картографические данные для преобразования в трехмерную модель тактильной карты;

б) создание новой цифровой карты. Данная технологическая операция выполняется в том случае, если у составителя тактильного картографического материала нет готовых цифровых картографических данных. В таких условиях сначала выполняется подготовка цифровых картографических данных посредством ввода их в геоинформационную систему любыми методами: автоматизированное дешифрирование данных дистанционного зондирования, ручная или автоматическая векторизация, преобразование цифровых данных из одного формата в другой и др. Далее создатель подбирает систему координат для отображения картографических данных на будущей тактильной карте (плане, схеме), выполняет генерализацию, формирует легенду из цифровых слоев картографических данных, имеющихся в геоинформационной системе, выбирает объекты на карте, которые необходимо подписать шрифтом Брайля. Для этого из атрибутивных таблиц объектов геоинформационной системы выбирается конкретное поле, по которому будут подписаны выбранные создателем объекты цифровой карты.

Результатом данной операции является база географических данных, которая содержит необходимые цифровые картографические данные для преобразования в трехмерную модель тактильной карты.

3 Преобразование цифровой карты в трехмерную модель тактильной карты (плана, схемы):

а) запуск инструмента для преобразования «цифровая карта–трехмерная модель».

Результатом данной операции является предварительно построенная трехмерная модель из цифровых картографических данных геоинформационной системы;

б) выбор цветовой схемы. Возможности современных 3-D принтеров позволяют использовать при печати 1 и более цветов пластика, поэтому на данном этапе выполняется настройка цветового оформления тактильной карты, с учетом технических особенностей печатающего устройства;

в) предварительный просмотр тактильной карты. Данная технологическая операция является контролем и проверкой трехмерной модели тактильной карты в целях исключения дефектов и ошибок при автоматическом построении.

Результатом данной операции является трехмерная модель тактильного картографического материала для экспорта в формат файла для печати на 3D-принтере;

г) экспорт в формат файла для печати на 3D-принтере. Данная операция является заключительной на третьем этапе технологической схемы. Создатель карты запускает инструмент экспорта в формат STL, а затем по результатам данной операции и всего этапа технологической схемы получает готовую трехмерную модель тактильного картографического материала для печати на 3D-принтере.

4 Печать тактильной карты (плана, схемы) на 3D-принтере:

а) выбор типа пластика для печати карты. Данная технологическая операция заключается в выборе типа пластика, которым будет напечатан тактильный материал. Существует множество типов пластика, которые отличаются не только своими техническими характеристиками, но и качеством рельефной поверхности, получающейся в результате печати, поэтому специалисту необходимо выбирать пластик с учетом тактильного восприятия незрячих и слабовидящих людей.

Результатом данной технологической операции является конкретный тип материала для печати тактильных картографических произведений, который был определен на этапе составления технического задания в зависимости от назначения создаваемого тактильного картографического материала;

б) настройка параметров печати. Для повышения точности создания тактильного картографического материала необходимо точно знать параметры печати для конкретного типа пластика. К основным параметрам печати следует отне-

сти: температуру нагрева экструдера, температуру нагрева стола 3D-принтера, скорость печати.

Результатом данного этапа технологической схемы является готовый тактильный картографический материал – план, карта, схема.

В рамках представленной методики разработан алгоритм, 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. Алгоритм реализован в программном модуле на базе геоинформационной системы ArcGIS Pro версии 2.2.4 и рассмотрен в 3.3.

3.3 Разработка алгоритма преобразования цифровых картографических данных в трехмерные модели тактильных картографических произведений для использования в программном модуле

Разработка алгоритма преобразования цифровых картографических данных является важным этапом реализации программного модуля по созданию тактильных карт, так как является по сути основой программного модуля. Для определения функционала, которым должен обладать программный модуль, необходимо исследовать образовательные функции тактильной карты, в том числе возможности ее применения при ориентировании на местности.

Тактильные карты необходимы в процессе обучения детей и взрослых с ограничением зрительной функции. Обучение незрячего начинается в дошкольных учреждениях и продолжается на протяжении многих лет. В Российской Федерации с 2014 г. действует Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) для детей с ограниченными возможностями здоровья. Для обеспечения учебных занятий и выполнения требований ФГОС образовательным учреждениям необходимы разнообразные тактильные пособия, рассчитанные на осязательное восприятие – тактильные карты, планы, схемы, трехмерные модели. В соответствии с ФГОС для слепых и слабовидящих младших школьников была

разработана примерная адаптированная основная общеобразовательная программа начального общего образования [76], которая предусматривает использование картографического материала при изучении учебных предметов «Окружающий мир (человек, природа, общество)», «Развитие осязания и мелкой моторики», «Пространственная ориентировка». В ходе освоения данной программы школьник учится ориентироваться в микро- и макро пространстве: изучает маршруты «школа – дом» и «дом – школа», планы этажей зданий (школы, дома и др.) и возможность перемещения внутри этих помещений. Программы по формированию представлений затрагивают и другие сферы жизни человека, например, формирование представлений об искусстве.

В рамках диссертационной работы для каждой образовательной функции, имеющейся в [76], был определен тип картографического произведения, которое позволит создавать программный модуль, а также сформулированы требования, которым они должны соответствовать (таблица 4).

Таблица 4 – Типы картографических произведений, создаваемых в программном модуле, в соответствии с их образовательными функциями

Образовательная функция	Описание и характеристика тактильного картографического произведения	Тип
Познание мира и окружающей среды	<p><i>Карта материков и океанов</i> <i>Цель</i> – определение географических и физических особенностей материков и океанов, формирование пространственной физической картины мира. <i>Рекомендуемые масштабы построения и форматы печати:</i> Цифровой масштаб от 1 : 5 000 000 и мельче Форматы – А4; А3; А2; А1</p>	Карта
Познание стран и регионов	<p><i>Карта административно-территориального деления государства</i> <i>Цель</i> – формирование представления об административных единицах субъекта или государства. <i>Экономическая карта государства</i> <i>Цель</i> – формирование представления географии хозяйства страны и мира в целом, отражают социально-экономические явления на заданной территории. <i>Рекомендуемые масштабы построения и форматы печати:</i> Цифровой масштаб от 1 : 5 000 и мельче Форматы – А3; А2; А1</p>	

Продолжение таблицы 4

Образовательная функция	Описание и характеристика тактильного картографического произведения	Тип
Познание маршрутов	<p><i>Карта транспортных систем отдельных государств и групп</i> <i>Цель</i> – изучение роли различных видов транспорта в транспортной системе, проведение оценки транспортной системы. <i>Рекомендуемые масштабы построения и форматы печати:</i> Цифровой масштаб от 1 : 5 000 и мельче Форматы – А3; А2; А1</p>	
Изучение окружающей среды	<p><i>План населенного пункта</i> <i>Цель</i> – знакомство с границами населенного пункта, значимыми социальными объектами внутри него, их взаимное расположение и изучение их в качестве основных ориентиров; <i>План жилого микрорайона</i> <i>Цель</i> – изучение внутренней инфраструктуры микрорайона, выделение основных ориентиров для свободного перемещения внутри знакомой местности без посторонней помощи; Цифровой масштаб от 1 : 5 000 и крупнее Форматы – А4; А3; А2; А1</p>	План
Маршруты к социально-значимым объектам	<p><i>Маршрут в (школу, больницу, университет и др.)</i> <i>Цель</i> – изучить возможные ориентиры при преодолении пути между домом и социально-значимым объектом – вуз, школа, больница и другое. <i>Транспортные маршруты</i> <i>Цель</i> – передвижение согласно маршрутам общественного транспорта, выбор оптимальных маршрутов, их изучение. Цифровой масштаб от 1 : 5 000 и крупнее Форматы – А4; А3; А2; А1</p>	
Ориентирование в пределах ограниченных территорий	<p><i>План кампуса (больницы, санатория)</i> <i>Цель</i> – ориентирование между корпусами кампуса (больницы), знакомство с расположением значимых мест для пользователя (парки, магазины, тротуары, наличие различных препятствий). Построение объектов с четким соотношением масштабов в соответствии с действительностью. <i>План парка/сквера</i> <i>Цель</i> – ориентирование в среде парка, выделение основных ориентиров – дорожки, памятники, аттракционы, клумбы, прочая растительность. Цифровой масштаб от 1 : 5 000 и крупнее Форматы – А4; А3; А2; А1</p>	

Окончание таблицы 4

Образовательная функция	Описание и характеристика тактильного картографического произведения	Тип
Ориентирование в зданиях	<p><i>Схема внутренней части здания</i> <i>Цель – ориентирование внутри здания, изучение возможных препятствий для свободного перемещения</i></p>	Схема
Ориентирование в пределах ограниченных территорий	<p><i>Схема кампуса (больницы, санатория)</i> <i>Цель – ориентирование между корпусами кампуса (больницы), знакомство с расположением значимых мест для потребителя (парки, магазины, тротуары, наличие различных препятствий). Построение объектов без соблюдения соотношения масштабов в соответствии с действительностью.</i> <i>Схема парка/сквера</i> <i>Цель – ориентирование в среде парка, выделение основных ориентиров и препятствий – дорожки, памятники, аттракционы, клумбы, прочая растительность</i></p>	Масштаб произвольный
Ориентирование на улицах, перекрестках	<p><i>Схема перекрестка</i> <i>Цель – возможность ориентирования на опасных участках в городской среде. Изучение возможностей преодоления городских препятствий посредством использования специальных ассистивных средств городской среды – тактильных дорожек и звуковых светофоров.</i> <i>Схема улицы</i> <i>Цель – ориентирование в городской среде без помощи посторонних лиц, материал позволяет изучить и сформировать пространственное представление о городских улицах, показать все возможные препятствия и вспомогательные (ассистивные средства)</i></p>	

Согласно таблице 4, к каждому тактильному картографическому произведению разработан список отображаемых объектов и явлений местности и тип условного обозначения к ним, в зависимости от его масштаба (таблицы 5, 6).

Тактильные карты – масштаб 1 : 5 000 и мельче. Применяются для ознакомления незрячих и слабовидящих людей с крупными географическими объектами: континентами, странами и др. Рассмотрим объекты и явления местности, которые должны быть отображены на тактильных картах (см. таблицу 5).

Таблица 5 – Объекты и явления местности, отображаемые на тактильных картах

Отображаемые объекты/ явления	Тип условного обозначения			Цвет (версия для слабовидящих)
	Мелкомасштабные тактильные карты	Среднемасштабные тактильные карты	Крупномасштабные тактильные карты	
Растительность	точечный	площадной, точечный	площадной, точечный	+
Дорожная сеть	линейный	линейный	линейный, площадной	+(только для площадных)
Гидрография	площадной, линейный	площадной, линейный	площадной, линейный	+
Рельеф	–	–	линейный (горизонталь)	–
Населенные пункты	точечный	площадной, точечный	площадной, точечный	+(только для площадных)
<i>Границы</i>				
Границы (государственные)	линейный	линейный	линейный	–
Границы территориальных образований	–	линейный	линейный	–
Границы иные (текстура задается в зависимости от масштаба создаваемого продукта)	линейный	линейный	линейный	+(по необходимости)
<i>Территориальное зонирование</i>				
Административные единицы	площадной, линейный	площадной, линейный	площадной, линейный	+
Промышленные зоны	площадной, точечный	площадной, точечный	площадной, точечный	+(только для площадных)
Сельскохозяйственные зоны	точечный, площадной	площадной, точечный	площадной, точечный	+(только для площадных)
Природоохранные, санитарные зоны	точечный, площадной	площадной, точечный	площадной, точечный	+(только для площадных)
<i>Здания и сооружения</i>				
Социально-культурные объекты	–	площадной, точечный	площадной, точечный	+(только для площадных)

Окончание таблицы 5

Отображаемые объекты/ явления	Тип условного обозначения			Цвет (версия для слабовидящих)
	Мелкомасштабные картографические продукты	Среднемасштабные картографические продукты	Крупномасштабные картографические продукты	
Жилые дома	–	площадной, точечный	площадной, точечный	+ (только для площадных)
Административные здания	–	площадной, точечный	площадной, точечный	+ (только для площадных)
<i>Иное</i>				
Дополнительные категории (знаки подбираются согласно масштабу построения)	линейный, площадной, точечный	линейный, площадной, точечный	линейный, площадной, точечный	+ (только для площадных)

Тактильные планы – масштаб 1 : 5 000 и крупнее. Применяются для ознакомления и навигации незрячими и слабовидящими людьми на небольших по площади и размерам участках местности: парки (скверы), квартальные территории, здания, этажи зданий и др. Объекты и явления местности, которые необходимо отображать на тактильных планах и схемах, представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Объекты и явления местности, отображаемые на тактильных планах и схемах

Отображаемые объекты/явления	Тип условного обозначения	Цвет (версия для слабовидящих)
<i>Растительность и гидрография</i>		
Растительность (высокая)	площадной, точечный	+ (только площадной)
Растительность (низкая – клумбы)	площадной, точечный	+ (только площадной)
Гидрография	линейный, площадной	+
<i>Переходы, перекрестки</i>		
Подземный переход	Точечный	–
Наземный переход	Точечный	–
Надземный переход	Точечный	–

Окончание таблицы 6

Отображаемые объекты/явления	Тип условного обозначения	Цвет (версия для слабовидящих)
Наземный переход регулируемый	Точечный	–
Наземный переход нерегулируемый	Точечный	–
Перекресток	точечный, площадной	+ (только для площадных)
<i>Светофоры</i>		
Светофор	Точечный	–
Светофор «звуковой»	Точечный	–
<i>Станции, остановки</i>		
Остановка транспорта	Точечный	–
Станция метро	Точечный	–
Станция жд	Точечный	–
Станция автовокзал	Точечный	–
<i>Дорожки, заборы, проезды</i>		
Тактильные дорожки	линейный, площадной	+ (только для площадных)
Велосипедная дорожка	линейный, площадной	+ (только для площадных)
Забор и прочие препятствия	точечный, площадной, линейный	+ (только для площадных)
Проезжая часть	площадной, линейный	+ (только для площадных)
Лестница	точечный, площадной	+ (только для площадных)
<i>Здания и сооружения, памятники</i>		
Жилой дом	точечный, площадной	+ (только для площадных)
Административное здание	точечный, площадной	+ (только для площадных)
Социально-значимый объект (в знаках указывается пояснение к объекту)	точечный, площадной	+ (только для площадных)
Иное здание	точечный, площадной	+ (только для площадных)
Памятник	Точечный	–
Помещение (комната)	площадной, линейный	+ (только для площадных)
<i>Мосты</i>		
Мосты пешеходные	точечный, линейный, площадной	+ (только для площадных)
Мосты автомобильные	точечный, линейный, площадной	+ (только для площадных)
<i>Иное</i>		
Указатель входа	Точечный	–
Дополнительные	точечный, линейный, площадной	+ (только для площадных)

Согласно рассмотренной классификации картографических произведений и составу отображаемых объектов, разработан алгоритм преобразования цифровых картографических данных в трехмерные модели тактильных карт (рисунок 48).

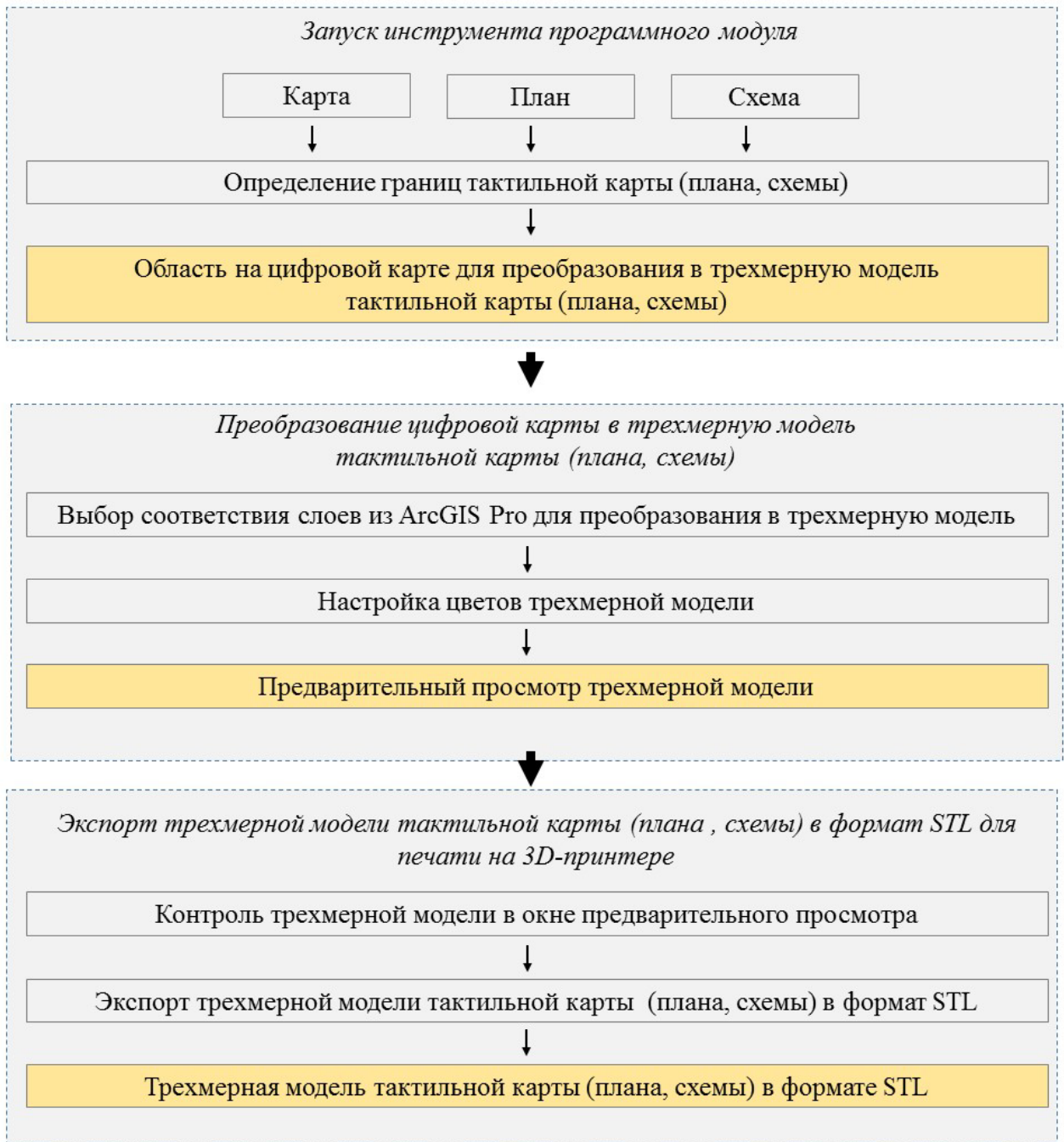


Рисунок 48 – Алгоритм преобразования цифровых картографических данных в трехмерные модели тактильных карт (планов, схем)

Алгоритм включает три основных этапа преобразования цифровых картографических данных.

1 На первом этапе производится запуск инструмента программного модуля: карта, план или схема, выбираются границы будущего картографического материала. Результатом первого этапа является получение области на цифровых картографических данных, которая далее будет преобразована в тактильную карту (план или схему в зависимости от того, какой тип картографического продукта был выбран).

2 На втором этапе устанавливается соответствие цифровых слоев геоинформационной системы и тактильного картографического произведения. Согласно таблицам 5, 6 для каждого типа картографического продукта предусмотрен определенный набор картографических данных и типов условных обозначений, которые должны быть на нем отображены.

3 На третьем этапе выполняется экспорт выбранной области на цифровой карте в трехмерную модель тактильного произведения в формате STL (формат для печати на 3D-принтере).

Дальнейшая работа в рамках диссертационного исследования будет заключаться в усовершенствовании ранее исследованной системы условных обозначений. Это необходимо ввиду того, что на тактильных картах, созданных на 3D-принтере, появляется еще одна регулируемая величина – высота условных обозначений. На тактильных материалах, напечатанных на микрокапсульной рельефообразующей бумаге, высота условных знаков и шрифта Брайля неизменна и составляет 1–1,5 мм. Так как наличие различной высоты у объектов на тактильной карте является дополнительной характеристикой для их лучшего распознавания незрячими людьми, необходимо подобрать высоту для выбранных ранее условных обозначений из 2.4 и установить соответствие условных обозначений и объектов (явлений) местности для картографического произведения тактильный план парка (сквера), рассмотренного в таблице 6.

3.4 Модификация системы тактильных условных обозначений с учетом особенностей 3D-печати

Разработка системы условных обозначений для использования в программном модуле по созданию тактильных картографических продуктов опиралась на ранее проведенные исследования по тактильному восприятию условных обозначений, напечатанных на микрокапсульной бумаге.

Рассмотрим условные обозначения, которые составят стандартизированную систему условных обозначений в программном модуле для тактильного картографического продукта план парка (сквера).

Указатели входов в здания. Условное обозначение – равносторонний треугольник. Стороны треугольника 5 мм, высота 2 мм (рисунок 49).



Рисунок 49 – Условное обозначение «Указатель входа в здание»

Правила размещения указателя по отношению к зданию представлены на рисунке 50. Расстояние от условного обозначения «Указатель входа» до здания должно составлять 5 мм.

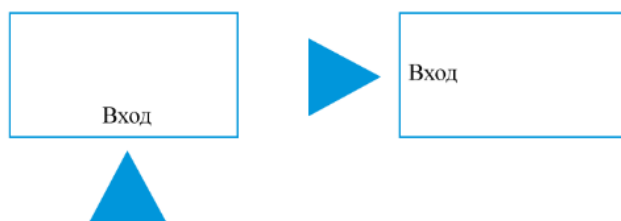


Рисунок 50 – Размещение условного обозначения «Указатель входа в здание»

Пешеходные переходы, оборудованные светофорами. Условное обозначение – площадной. Высота условного обозначения – 1,5 мм, ширина полос – 2 мм.

Ширина условного обозначения задается в соответствии с шириной проезжей части в масштабе на карте (рисунок 51).

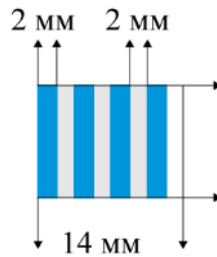


Рисунок 51 – Условное обозначение «Пешеходный переход, оборудованный светофорами»

Пешеходные переходы, не оборудованные светофорами. Условное обозначение – площадной. Ширина линии – 1 мм, высота – 1 мм. Расстояние между линиями – 5 мм (рисунок 52).

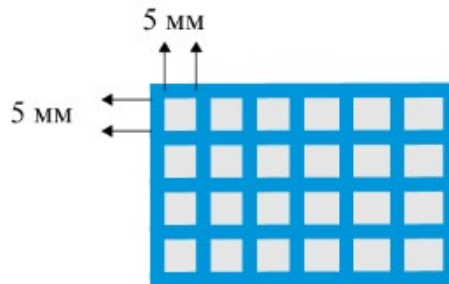


Рисунок 52 – Условное обозначение «Пешеходный переход, не оборудованный светофорами»

Станции, остановки. Условное обозначение – окружность (рисунок 53). Высота – 1,5 мм, диаметр большей окружности – 8 мм, диаметр меньшей окружности – 4 мм.



Рисунок 53 – Условное обозначение «Остановки, станции»

Заборы. Условное обозначение – прерывистая линия. Ширина линии – 2 мм, размер сменяющихся элементов линии: ширина – 2 мм, длина – 2 мм, высота – 1,5 мм (рисунок 54).

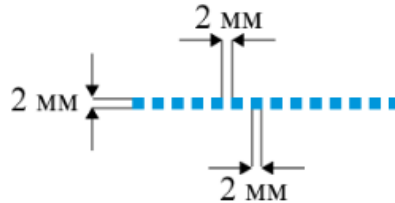


Рисунок 54 – Условное обозначение «Забор»

Бордюры. Условное обозначение – прерывистая линия – пунктир-точка-точка-пунктир. Ширина линии – 2 мм, длина длинного сегмента – 10 мм, длина короткого сегмента 2 мм, расстояние между коротким и длинным сегментом – 5 мм, расстояние между короткими сегментами – 1 мм, высота – 1 мм (рисунок 55).

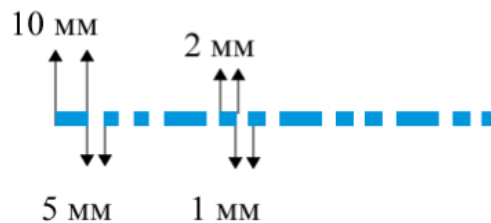


Рисунок 55 – Условное обозначение «Бордюр»

Тактильные дорожки. Условное обозначение – прямая линия. Ширина линии – 2 мм, высота – 0,5 мм (рисунок 56).



Рисунок 56 – Условное обозначение «Тактильная дорожка»

Велосипедные дорожки. Условное обозначение – линия: пунктир-точка. Ширина линии 2 мм, длина длинного сегмента – 6 мм, длина короткого сегмента – 2 мм, расстояние между сегментами – 2 мм, высота – 0,5 мм (рисунок 57).

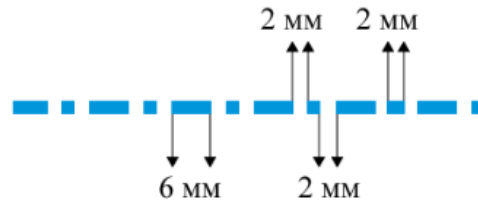


Рисунок 57 – Условное обозначение «Велосипедная дорожка»

Проезжая часть (улицы). Условное обозначение – площадной. Диаметр точек – 2 мм, высота – 1 мм, расстояние между точками – 4 мм, ширина условного обозначения на тактильном материале – 14 мм (рисунок 58).

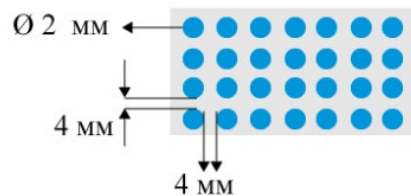


Рисунок 58 – Условное обозначение «Проезжая часть (улицы)»

Мост. Условное обозначение – квадрат. Сторона квадрата – 4 мм, высота – 1,5 мм (рисунок 59).

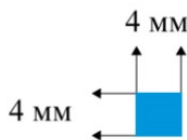


Рисунок 59 – Условное обозначение «Мост»

Детская площадка. Условное обозначение – крест. Длина выступающих линий – 5 мм, ширина – 1 мм, высота – 1 мм (рисунок 60).

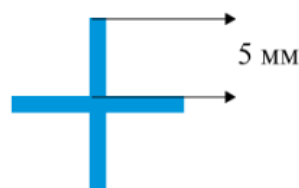


Рисунок 60 – Условное обозначение «Тактильная дорожка»

Пешеходные дорожки. Условное обозначение – площадной. Пешеходные дорожки необходимо отображать с нулевой высотой (высота самой карты) без текстур, ширина дорожки – 5 мм (рисунок 61).

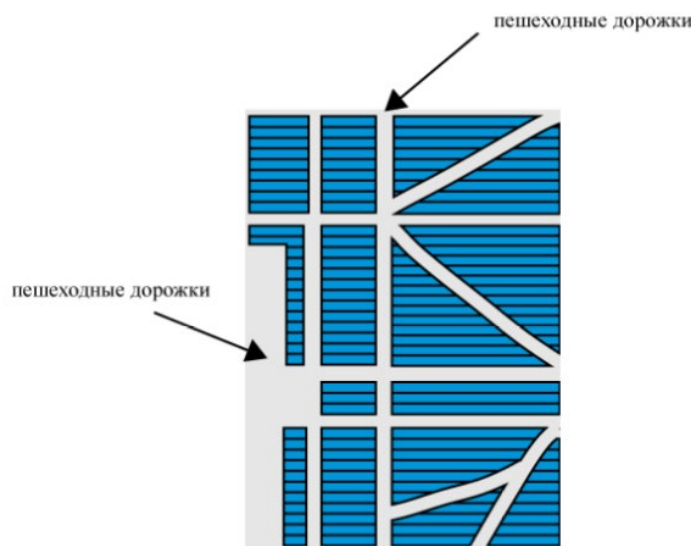


Рисунок 61 – Условное обозначение «Пешеходная дорожка»

Здания. Высота зданий. Высоты зданий необходимо задавать по количеству этажей, указанных в атрибутах геоинформационных систем для слоя зданий. При конвертации этажность согласно таблице 7 пересчитывается в высоту зданий на тактильной трехмерной модели.

Таблица 7 – Высота зданий на тактильных планах

Количество этажей в здании	Высота здания на тактильном плане
1	2 мм
2	3,4 мм
3	4,8 мм
4	6,2 мм
5	7,6 мм
6	9 мм (далее с каждым новым этажом добавляем 1,4 мм)

Административные здания. Представляют собой трехмерные объекты с высотой, которая задается по количеству этажей (таблицу 7). Поверхность административных зданий следует отображать условным обозначением (рисунок 62).

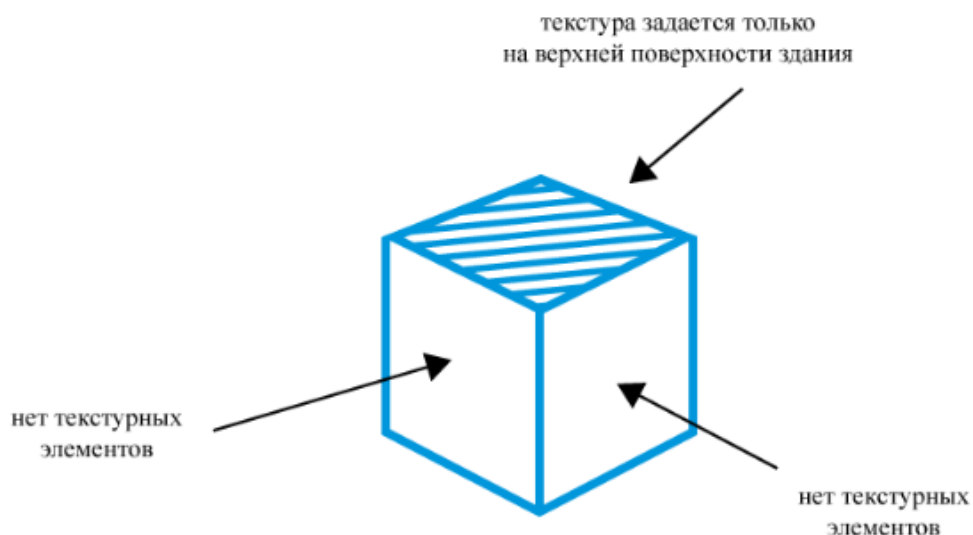


Рисунок 62 – Отображение условных обозначений на поверхности зданий

Верхняя плоскость здания должна иметь текстуру – расстояние между линиями – 2 мм, ширина линии – 0,5 мм, высота – 0,5 мм (рисунок 63).

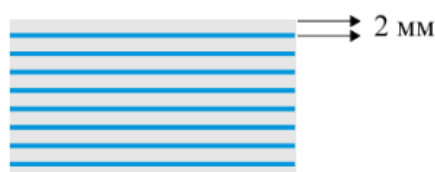


Рисунок 63 – Условное обозначение «Административные здания»

Социально-значимые здания. Представляют собой трехмерные объекты с высотой, которая задается по количеству этажей (см. таблицу 7). Верхняя плоскость здания должна иметь текстуру – расстояние между окружностями – 2 мм, диаметр окружности – 1,5 мм, высота – 0,5 мм (рисунок 64).

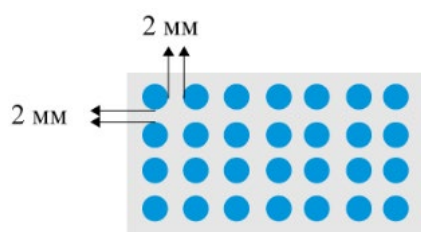


Рисунок 64 – Условное обозначение «Социально-значимые здания»

Жилые дома. Представляют собой трехмерные объекты с высотой, которая задается по количеству этажей (см. таблицу 7). Поверхность жилых зданий следует отображать условным обозначением (рисунок 65).

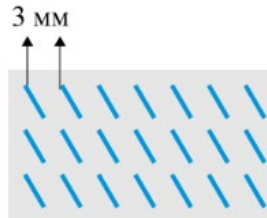


Рисунок 65 – Условное обозначение «Жилые здания»

Расстояние между элементами должно составлять 3 мм. Ширина элемента – 1,5 мм, высота – 0,5 мм, длина – 5 мм, угол наклона равен 60° (рисунок 66).

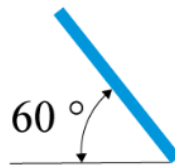


Рисунок 66 – Угол поворота условного обозначения

Иные категории зданий. Представляют собой трехмерные объекты с высотой, которая задается по атрибутам (количеству этажей). Условное обозначение для отображения зданий, относящихся к категории «Иные», отсутствует (рисунок 67).

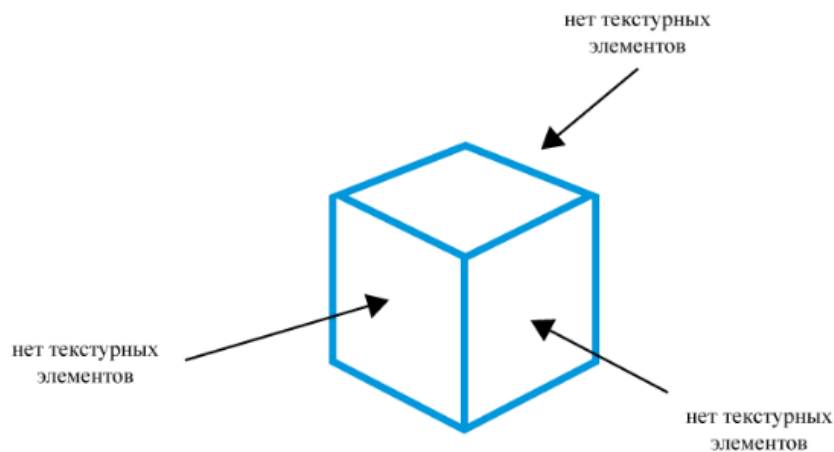


Рисунок 67 – Условное обозначение для зданий категории «Иные»

Памятники. Условное обозначение – точечный. Диаметр условного обозначения – 6 мм, высота – 1 мм (рисунок 68).



Рисунок 68 – Условное обозначение «Памятники»

Растительность. Условное обозначение – площадной (рисунок 69).

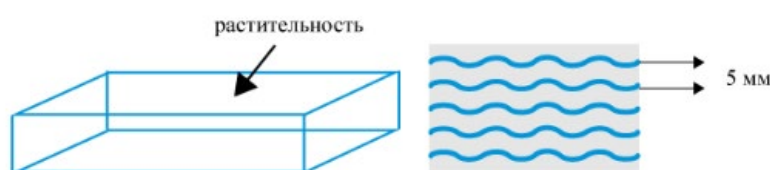


Рисунок 69 – Условное обозначение «Растительность»

Расстояние между линиями – 3 мм, расстояние между кривыми элементами линии по отношению к прямой – 1 мм (рисунок 70).

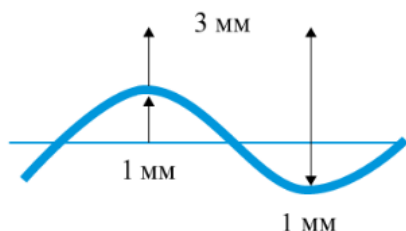


Рисунок 70 – Параметры условного обозначения «Растительность»

Река. Условное обозначение – прямая линия. Ширина линии – 1 мм, высота – 0,5 мм (рисунок 71).



Рисунок 71 – Условное обозначение «Река»

Озеро. Расстояние между элементами – 3 мм, ширина элемента – 1,5 мм, высота – 0,5 мм. Угол наклона равен 60° (рисунок 72).

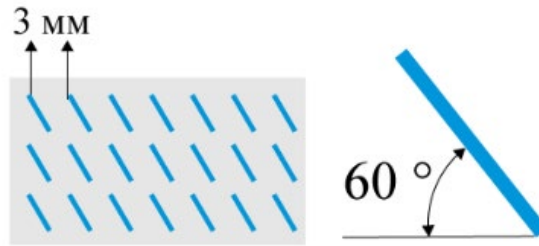


Рисунок 72 – Условное обозначение «Озеро»

Пересечение условных обозначений. Пересечение площадного условного обозначения с площадным. При стыковке/пересечении площадного обозначения с площадным следует сохранять пустое пространство без условного обозначения в 2 мм, при этом необходимо учитывать уровень отображения обозначения, согласно таблице содержания слоев в геоинформационной системе (рисунок 73).

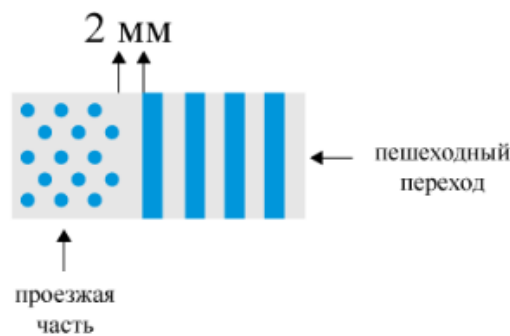


Рисунок 73 – Пересечение площадных условных обозначений

Пересечение площадного и точечного обозначений. При пересечении точечного и площадных условных обозначений следует делать отступы в размере 2 мм от знака (рисунок 74).

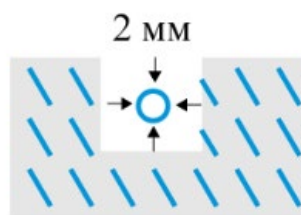


Рисунок 74 – Пересечение площадного и точечного обозначений

Пересечение площадного и линейного обозначений. При пересечении/наложении площадного и линейного обозначений линию следует помещать на площадное обозначение, с плоской поверхностью с расстояниями по каждой стороне 5 мм (рисунок 75).



Рисунок 75 – Пересечение площадного и линейного обозначений

Пересечение линейного и точечного обозначений. При пересечении линии с точечным объектом – прерывать линию с расстоянием до и после знака в 5 мм (рисунок 76).

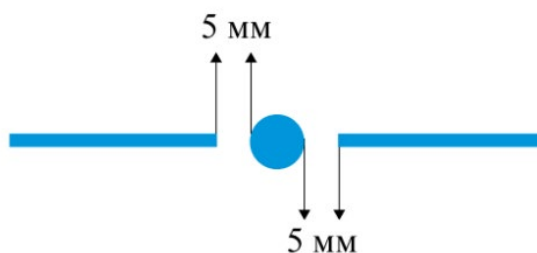


Рисунок 76 – Пересечение линейного и точечного обозначений

Пересечение точечных обозначений. При пересечении с точечным объектом необходимо изменять координаты двух точечных объектов в программном модуле до того момента, пока расстояние между объектами не составит 5 мм (рисунок 77).



Рисунок 77 – Пересечение точечных обозначений

Пересечение линейных обозначений. При пересечении двух линейных условных обозначений предпочтение отдается тем условным обозначениям, которые имеют уровень отображения в геоинформационной системе выше. При этом необходимо оставлять расстояние в 5 мм при пересечении двух линейных условных обозначений (рисунок 78).

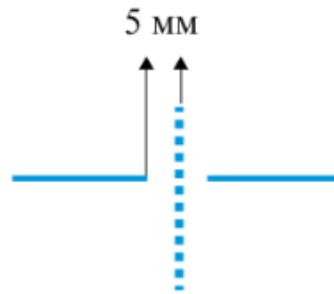


Рисунок 78 – Пересечение линейных обозначений

Размещение подписей на тактильных планах и картах

Подписи на тактильной карте следует помещать в рамку (рисунок 79).



Рисунок 79 – Подпись на тактильных планах и картах.

Размеры рамки – ширина контура – 2 мм, высота – 0,5 мм (рисунок 80).

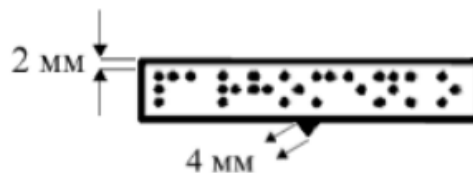


Рисунок 80 – Размеры рамки для подписей

Отступы от символа Брайля до внутренней части рамки должны составлять 3 мм (рисунок 81).

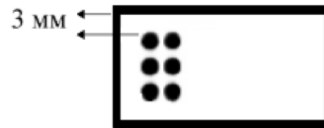


Рисунок 81– Размещение шрифта Брайля в рамке

При выполнении подписей следует выбирать из таблицы атрибутов ArcGIS Pro необходимую колонку, которая будет соответствовать подписям на тактильном картографическом материале. Колонка не должна содержать пояснения, например «улица».

Указатель на объект тактильного материала необходимо размещать строго по центру в верхней или нижней части рамки (рисунок 82), в зависимости от того, где расположен объект.



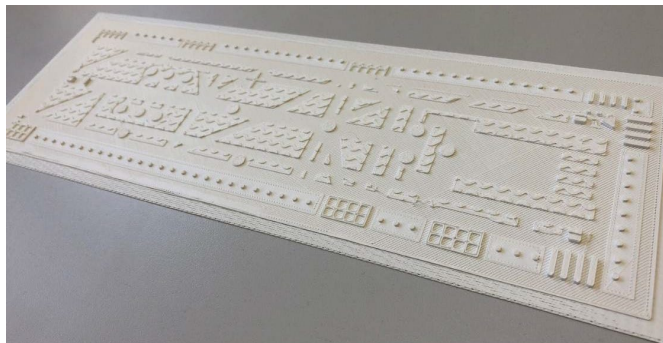
Рисунок 82 – Направление указателей рамок, подписываемых объектов на тактильном материале

Следует отметить, что рассмотренные условные обозначения в дальнейшем будут использованы также и для других видов тактильных картографических продуктов, однако обозначать они будут другие объекты, согласно таблицам 5, 6.

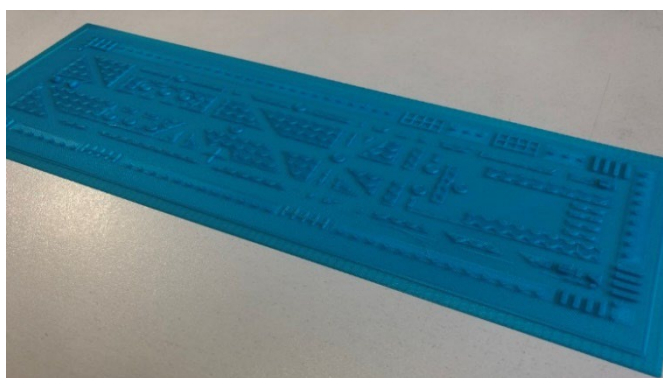
3.5 Апробация полученных результатов, выводы по исследованию

Для апробации разработанной методики и оценки степени восприятия тактильных картографических материалов, с использованием разработанного программного модуля создан тактильный план сквера Славы г. Новосибирска (рисунок 83) на нескольких видах пластика. Исходными материалами для создания тактильного плана служили: цифровые картографические данные на территорию сквера

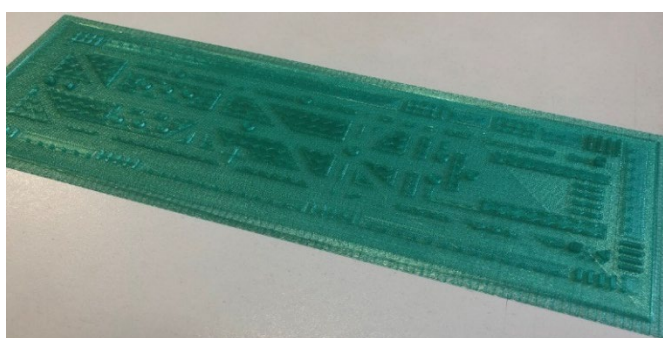
Славы, трехмерная модель для печати на 3D-принтере [3], полученная посредством преобразования цифровых картографических данных в программном модуле.



а)



б)



в)

Рисунок 83 – Образец тактильного плана, напечатанный на 3D-принтере с использованием пластиков: а) ABS; б) PLA; в) Watson

Исходными данными для проведения апробации служили:

а) макет тактильного плана на территорию сквера Славы г. Новосибирска, напечатанный с использованием видов пластика: ABS, PLA, Watson;

б) трехмерные модели зданий – жилое (рисунок 84), административное (рисунок 85), социально-значимое (рисунок 86), с условными знаками, рассмотренными в 3.4;

в) шрифт Брайля, напечатанный на 3D-принтере.

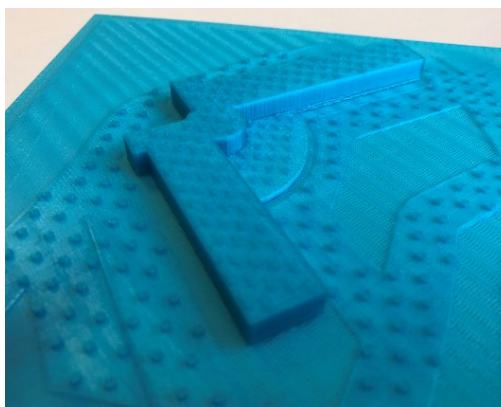


Рисунок 84 – Модель жилого здания

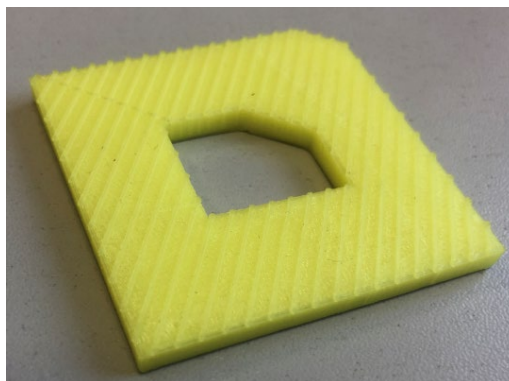


Рисунок 85 – Модель административного здания

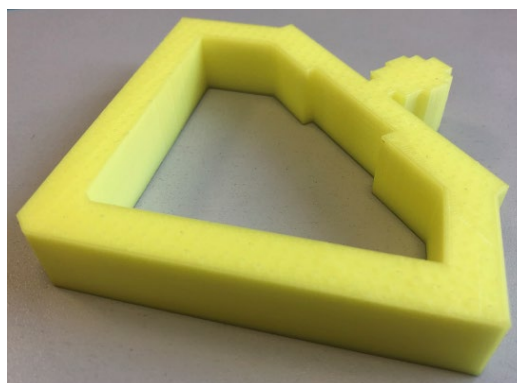


Рисунок 86 – Модель социально-значимого здания

Для каждого тестируемого в процессе апробации заполнялась соответствующая анкета (приложение Б).

Место проведения апробации – государственное бюджетное учреждение культуры Новосибирской области «Новосибирская областная специальная библиотека для незрячих и слабовидящих», расположенное по адресу: г. Новосибирск, ул. Крылова, 15.

Выводы по исследованию

Согласно проведенному экспериментальному исследованию получены следующие результаты:

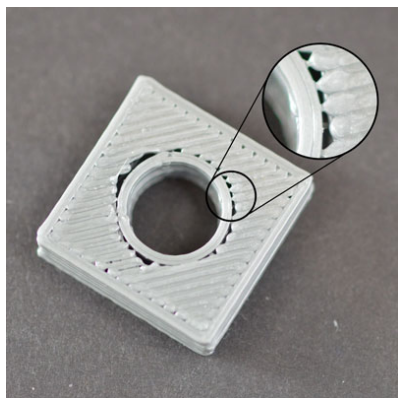
– статистика по количеству незрячих и слабовидящих людей, успешно распознавших тактильный план, напечатанный на различных видах пластика (таблица 8) [3];

– доказано, что рекомендуемые производителем пластика параметры печати не удовлетворяют требованиям точности создания тактильных материалов, так как возникают дефекты печати в виде щелей между наполнением и контуром, царапин, неравномерного экструдирования, загибающихся углов и краев фигур, излишнего экструдирования пластика, расслоения модели (рисунок 87).

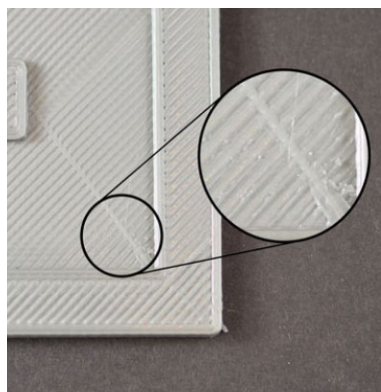
Таблица 8 – Результаты апробации по видам пластика

Категория тестируемых	Пластик Watson, количество успешно распознавших, %	Пластик ABS, количество успешно распознавших, %	Пластик PLA, количество успешно распознавших, %
Мужчины	65	25	10
Женщины	70	20	10

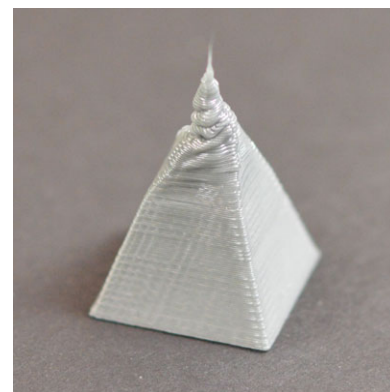
По результатам анализа полученных дефектов доказано, что толщина одного слоя при 3D-печати значительно превышает 1,2 мм (1,7 мм и более). Поэтому для апробации материалов, напечатанных на 3D-принтере на пластиках ABS, PLA, Watson, были подобраны индивидуальные параметры печати, обеспечивающие точность создания элементов выше 1,2 мм (таблица 9).



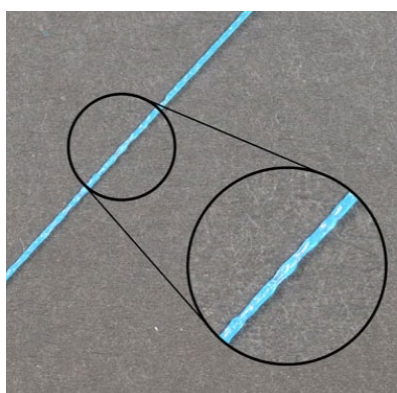
а)



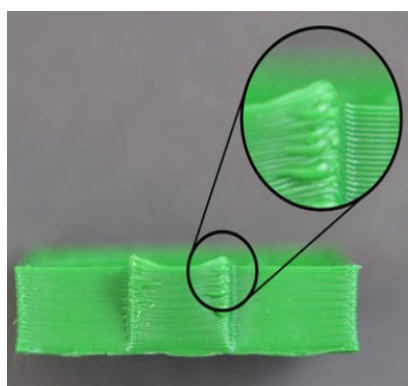
б)



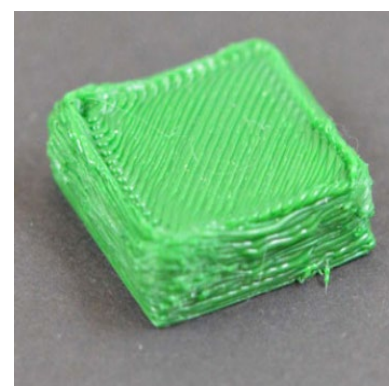
в)



г)



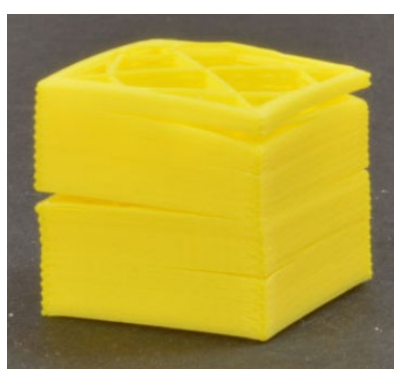
д)



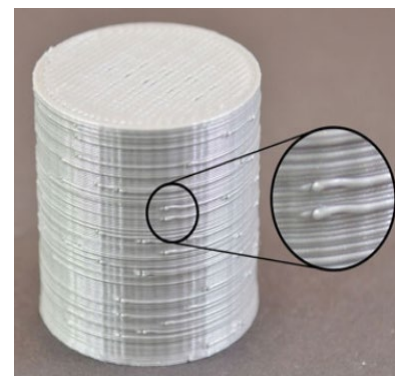
е)



ж)



з)



и)

Рисунок 87 – Дефекты печати на пластике [3]: а) щели между наполнением и контуром; б) царапины; в) перегрев пластика; г) неравномерное экструдирование; д) загибающиеся углы и края; е) лишнее экструдирование пластика; ж) пластиковые нити; з) расслоение модели; и) излишки пластика

Таблица 9 – Температурные параметры печати для тактильных картографических материалов на пластиках PLA, ABS, Watson

Тип пластика	Температура плавления пластика, °C	Температура нагрева стола принтера, °C	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 типа, 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 88) и использовать параметры печати из таблицы 9 в целях избегания дефектов при печати.

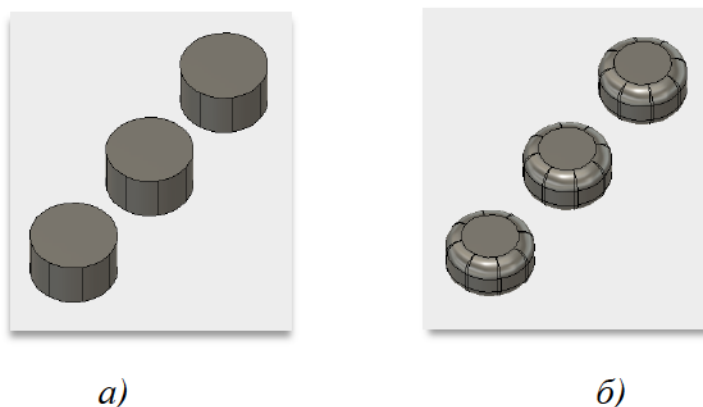


Рисунок 88 – Варианты печати шрифта Брайля: а) прямые углы точек Брайля; б) сглаженные углы точек Брайля

Сглаживание углов необходимо выполнять на 0,3 мм (с шагом 0,1 мм). Данные правила внедрены при размещении подписей на тактильных картах в разработанном программном модуле.

Результаты апробации условных обозначений:

- условный знак «Памятник» не распознавался незрячими людьми ввиду того, что высота условного знака была недостаточной для тактильного распознавания в совокупности с другими условными обозначениями, для более успешного восприятия высота условного знака увеличена до 2 мм (приложение В);
- условный знак «Жилой дом» слабо распознавался незрячими при апробации ввиду того, что высота условного обозначения была недостаточной, в связи с этим высота условного обозначения на жилых домах увеличена до 1 мм;
- условные знаки пешеходных переходов «регулируемый» и «нерегулируемый» успешно различаются незрячими в пределах одного плана;
- условный знак «растительность» одинаково успешно распознается как незрячими женщинами, так и мужчинами;
- доказано, что все условные знаки, которые были успешно тактильно распознаны как женщинами, так и мужчинами на микрокапсульной бумаге, также успешно распознаны и на пластике.

Основные выводы по разделу 3

В результате выполнения теоретических и экспериментальных исследований получены следующие научные результаты:

- доказана необходимость разработки программного модуля и дальнейшей возможности печати полученных тактильных карт на 3D-принтере;
- разработана методика использования геоинформационных систем и аддитивных технологий для создания тактильных картографических произведений;
- предложен алгоритм преобразования цифровых картографических данных из геоинформационной системы в трехмерные модели тактильных карт;

– разработана унифицированная система условных обозначений для тактильного картографического произведения «План парка (сквера)» (приложение В). Данная система условных обозначений будет использована и для остальных типов тактильных картографических произведений;

– разработан программный модуль, позволяющий преобразовывать цифровые картографические данные в трехмерные модели тактильных карт и планов для печати на 3D-принтере;

– выполнена апробация разработанной методики на базе геоинформационной системы ArcGIS Pro 2.2.4, доказана возможность ее применения для создания тактильных картографических произведений.

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 износоустойчивость 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 износоустойчивых 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1 Автоматизированная картографическая генерализация [Текст] / А. Г. Иванов, В. В. Гончаров, С. А. Крылов, У. В. Малик, А. Н. Татарников // Геодезия и картография. – 2000. – № 1. – С. 33–36.

2 Агилера Дельгадо, Т. П. Развитие тактильной картографии за рубежом [Текст] / Т. П. Агилера Дельгадо // Геодезия и картография. – 2009. – Т. 70. – № 1. – С. 28–30.

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 Андрюхина, Ю. Н. К вопросу автоматизации процесса создания тактильных карт [Текст] / Ю. Н. Андрюхина, Я. Г. Пошивайло // Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения : материалы Первой национ. науч.-практ. конф. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2018. – С. 48.

5 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.

6 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.

7 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.

8 Атоян, Л. В. Компьютерная картография [Текст] : курс лекций / Л. В. Атоян. – Минск : БГУ, 2004. – 59 с.

9 Атоян, Л. В. Некоторые вопросы использования компьютерных технологий при создании топографических и мелкомасштабных карт [Текст] / Л. В. Атоян // Геодезия, картография, кадастры и экология : тр. междунар. науч.-технолог. конф. 25–27 октября 2000 г. – Новополюцк : Полоцкий государственный университет, 2001. – С. 7–10.

10 Атоян, Р. В. Основные направления развития современной картографии [Текст] / Р. В. Атоян, Л. В. Атоян // Геодезия и картография. – 2002. – № 3. – С. 17–23.

11 Берлянт, А. М. Геоинформационное картографирование [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. М. Берлянт. – М. : Астрей, 1997. – 64 с.

12 Берлянт, А. М. Картография [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. М. Берлянт. – М. : Аспект Пресс, 2001. – 336 с.

13 Берлянт, А. М. Компьютерные сети и картография [Текст] / А. М. Берлянт // Геодезия и картография. – 1998. – Т. 59. – № 3. – С. 14–22.

14 Бешенцев, А. Н. Геоинформационные ресурсы: особенности, классификация, размещение [Текст] / А. Н. Бешенцев // Информационные ресурсы России. – 2015. – № 4. – С. 21–26.

15 Бешенцев, А. Н. Информационная концепция картографического мониторинга геосистем [Текст] : дис. ... д-ра геогр. наук / Бешенцев Андрей Николаевич. – Иркутск, 2013. – 281 с.

16 Бешенцев, А. Н. Модернизация географических методов исследования [Текст] / А. Н. Бешенцев // Материалы XV совещания географов Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск : Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 483–485.

17 Васмут, А. С. Автоматизация и математические методы в картосоставлении [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. С. Васмут, Л. М. Бугаевский, А. М. Портнов. – М. : Недра, 1991. – 391 с.

18 Верещака, Т. В. Изображение рельефа на картах. Теория (оформительский аспект) [Текст] : учеб. для студ. вузов / Т. В. Верещака, О. В. Ковалева. – М. : Научный мир, 2016. – 184 с.

19 Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/assistive-technology/ru/>. – Загл. с экрана.

20 Выготский, Л. С. Основы дефектологии [Текст] : учеб. для вузов. Специальная литература / Л. С. Выготский. – СПб. : Лань, 2003. – 654 с.

21 Выготский, Л. С. Психология развития человека [Текст] : учеб. для вузов. Специальная литература / Л. С. Выготский. – М. : Смысл : Эксмо, 2005. – 1136 с.

22 Географические информационные системы и дистанционное зондирование. GIS-LAB [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2017. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/osmshp.html>. – Загл. с экрана.

23 География России [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: <https://geographyofrussia.com>. – Загл. с экрана.

24 Геоинформационные системы (ГИС) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: <http://kartaplus.ru/topografiya5>. – Загл. с экрана.

25 Горкин, А. П. География [Текст] : современная энциклопедия / А. П. Горкин. – М. : Росмэн-Пресс, 2006. – 624 с.

26 ГОСТ Р 56832–2015. Шрифт Брайля. Требования и размеры [Текст]. – М. : Стандартинформ, 2016. – 7 с.

27 Дружинина, Л. А. Занятия по развитию ориентировки в пространстве у дошкольников с нарушениями зрения [Текст] : метод. рекомендации / науч. ред. Л. А. Дружинина. – Челябинск : АЛИМ, изд-во Марины Волковой, 2008. – 206 с.

28 Дышлюк, С. С. К вопросу формализации процесса создания тематических карт в ГИС-среде [Текст] / С. С. Дышлюк, О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 78–85.

29 Ермаков, В. П. Графические средства наглядности для слабовидящих [Текст] : учеб. пособие / В. П. Ермаков. – М. : ВОС, 1988. – 20 с.

30 Ермаков, В. П. Основы тифлопедагогики: развитие, обучение и воспитание детей с нарушениями зрения [Текст] : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В. П. Ермаков, Г. А. Якунин. – М. : Владос, 2000. – 240 с.

31 Зоричев Д. И. Особенности обучения слепых детей географии [Текст] : пособие для учителей школ слепых / Д. И. Зоричев. – М. : Учпедгиз, 1950.

32 Зоричев, Д. И. Работа с глобусом и картой в школе слепых [Текст] / Д. И. Зоричев // Специальная школа. – Вып. 5. – 1960. – 192 с.

33 Игумнов, А. Ю. Особенности тактильного восприятия рельефной графики у людей с ограниченными возможностями зрения [Текст] / А. Ю. Игумнов // Психология : сб. материалов 53-й Междунар. научн. студ. конф. – Новосибирск : НГУ, 2015. – С. 89–90.

34 Как работает 3D-принтер: принцип работы трехмерной печати [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.techno-guide.ru/informatsionnye-tekhnologii/3d-tekhnologii/kak-rabotaet-3d-printer-printsipraboty-trekhmernoj-pechati.html> (дата обращения: 14.07.2019).

35 Канесса, Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития [Электронный ресурс] / Э. Канесса, К. Фонда, М. Зеннaro. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: http://himfaq.ru/books/3d-pechat/Dostupnaya_3D_pechat_dlya_nauki_obrazovaniya-kniga.pdf. – Загл. с экрана.

36 Капралов, Е. Г. Геоинформатика [Текст] : учеб. для студ. вузов. В 2-х книгах. Кн. 1. – 3-е изд. / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов. – М. : Академия, 2010. – 400 с.

37 Карпик, А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий [Текст] : монография / А. П. Карпик. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.

38 Карпик, А. П. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы [Текст] / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.

39 Карпов, А. А. Ассистивные информационные технологии на основе аудиовизуальных речевых интерфейсов [Текст] : труды СПИИРАН / А. А. Карпов. – 2013. – № 4. – С. 114–128.

40 Кёниг, П. Руководство по изготовлению тактильной графики [Текст] / П. Кёниг. – СПб. : ГУК Гос. б-ка для слепых, 2007. – 69 с.

41 Кожанова, Н. С. Рельефно-графические пособия как средства компенсации нарушений зрения [Текст] / Н. С. Кожанова // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2012. – № 1 (16). – С. 204–211.

42 Компания BLITAB создала первый планшет для слепых [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hitech.newsru.com/article/16jan2017/blitab>. – Загл. с экрана.

43 Конвенция ООН о правах инвалидов [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2017. – Режим доступа: www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml. – Загл. с экрана.

44 Кристенсен, С. Б. Иллюстрированные книги для слепых и слабовидящих детей [Текст] / С. Б. Кристенсен // Дети с нарушениями зрения: особенности рисования и изготовления тактильных изображений. – СПб. : ГУК Гос. б-ка для слепых, 2013. – 68 с.

45 Крылов, С. А. Выбор и реализация способов картографического изображения картографируемых объектов и явлений в геоинформационных системах [Текст] / С. А. Крылов, Г. И. Загребин, И. Е. Фокин // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 73–77.

46 Лесневский, Ю. Ю. Актуальность и пути создания тактильных книг для слепых и слабовидящих детей в Сибирском регионе / Ю. Ю. Лесневский, Н. А. Одинокова // Тактильная картинка в жизни незрячего ребенка : материалы межрегионального семинара. – Н. Новгород, 2003. – С. 25.

47 Лисицкий, Д. В. Основные принципы цифрового картографирования местности [Текст] : учеб. пособие для вузов / Д. В. Лисицкий. – М. : Недра, 1988. – 259 с.

48 Лисицкий, Д. В. Трехмерная компьютерная картография [Текст] : монография / Д. В. Лисицкий, П. Ю. Бугаков, Нгуен Ань Тай. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 179 с.

49 Лисицкий, Д. В. Формирование трехмерных картографических изображений зданий [Текст] / Д. В. Лисицкий, Нгуен Ань Тай // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 4. – С. 127–131.

50 Литвак, А. Г. Вопросы обучения и воспитания слепых и слабовидящих [Текст] : сб. науч. трудов / под ред. А. Г. Литвака. – Л. : Изд-во РГПУ, 1981. – 122 с.

51 Литвак, А. Г. Особенности познавательной деятельности слепых и слабовидящих школьников [Текст] / под ред. А. И. Зотова, А. Г. Литвака. – Л. : Изд-во ЛГПИ им. А. И. Герцена, 1974. – 210 с.

52 Литвак, А. Г. Психология слепых и слабовидящих [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Литвак. – СПб. : РГПУ, 1998. – 336 с.

53 Литвак, А. Г. Тифлопсихология [Текст] : учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. Дефектология / А. Г. Литвак. – М. : Просвещение, 1985. – 264 с.

54 Лурье, И. К. Геоинформационное картографирование [Текст] : учеб. / И. К. Лурье. – 3-е изд. – М. : КДУ, 2016. – 424 с.

55 Любимов, А. А. Анализ современного состояния обучения ориентировке в пространстве инвалидов по зрению [Текст] / А. А. Любимов // Дефектология. – 2013. – Вып. 6. – С. 84–89.

56 Медведев, А. А. Роль туристских тактильных произведений в формировании доступной городской среды [Текст] / А. А. Медведев, Н. А. Алексеенко, М. К. Васев // Современные проблемы сервиса и туризма. – № 11 (1). – 2017. – С. 35–42.

57 Медведев, А. А. Тактильная и тифлокартография: основные достижения [Текст] / А. А. Медведев // Геодезия и картография. – 2017. – Т. 78. – Спецвыпуск. – С. 56–66.

58 Медведев, А. А. Тактильный атлас Москвы – комплексное картографическое произведение для незрячих [Текст] / А. А. Медведев, Н. А. Алексеенко, М. К. Васев // Геодезия и картография. – 2016. – № 7. – С. 8–14.

59 Медведев, А. А. Тифлокартография в России: проблемы и перспективы развития [Текст] / А. А. Медведев // Международный год карт в России: объединяя пространство и время : сб. тезисов Всерос. научн. конф. – М. : Российская гос. биб-ка (РГБ), 2016. – 212 с.

60 Набокова, Л. А. Зарубежные «ассистивные технологии», облегчающие социальную адаптацию лиц с нарушениями развития [Текст] / Л. А. Набокова // Дефектология. – 2009. – № 2. – С. 84–92.

61 Набокова, Л. А. Современные ассистивные устройства для лиц с нарушениями двигательного аппарата [Текст] / Л. А. Набокова // Дефектология. – 2009. – № 4. – С. 73–80.

62 Новиков, А. К. Психологические особенности восприятия незрячих [Текст] / А. К. Новиков // Молодой ученый. – 2010. – № 11. – Т. 2. – С. 82–86.

63 Новосибирская областная специальная библиотека для незрячих и слабовидящих [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: <https://sibdisnet.ru/>. – Загл. с экрана.

64 Новый планшет для слепых недорого стоит и поддерживает азбуку Брайля [Электронный ресурс] // Научная Россия. – Режим доступа: <https://scientificrussia.ru/articles/razrobotan-deshevyj-i-udobnyj-planshet-dlya-slepyh>. – Загл. с экрана.

65 Общероссийская общественная организация инвалидов «Всероссийское ордена Трудового Красного Знамени общество слепых» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: <http://www.vos.org.ru>. – Загл. с экрана.

66 Одинокова, Н. А. Коррекция и развитие зрительного восприятия у детей дошкольного и младшего школьного возраста, имеющих сниженные зрительные возможности [Текст] : учеб. пособие / под ред. Е. А. Омельченко. – Новосибирск : ООО «ЦСРНИ», 2014. – 192 с.

67 Паспорт государственной программы РФ «Доступная среда» на 2011–2015 гг., утвержден постановлением Правительства РФ от 17.03.2011 г. № 175 [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2015. – Режим доступа: www.rosmintrud.ru/ministry/programms/3/04. – Загл. с экрана.

68 Петров, Ю. И. Особенности восприятия рельефно-графических пособий незрячими / Ю. И. Петров, Е. Н. Рущкая. – М. : ВОС, 1993. – 59 с.

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

70 Пошивайло, Я. Г. Исследование особенностей восприятия тактильных условных знаков школьниками с ограничением зрительной функции [Текст] / Я. Г. Пошивайло, Ю. Н. Андриухина // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 78–83.

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

72 Пошивайло, Я. Г. Современное состояние и перспективы развития тактильной картографии [Текст] / Я. Г. Пошивайло, Д. В. Дмитриев, Ю. Ю. Лесневский // ИнтерКарто – Интер-ГИС-2014 «Устойчивое развитие территорий: картографо-информационное обеспечение» : сб. материалов Междунар. конф., 23–24 июля, Белгород. – Белгород : БГНИУ, 2014. – С. 607–609.

73 Пошивайло, Я. Г. Современные возможности использования средств навигации для людей с ограничением зрительной функции [Текст] / Я. Г. Пошивайло, Ю. Н. Андриухина, 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.

74 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.

75 Правительство Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: <http://government.ru/programs/215/events/>. – Загл. с экрана.

76 Примерная основная образовательная программа начального общего образования для слепых детей (Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 22 декабря 2015 г. № 4/15)). – 2017. – 453 с.

77 Разработка методики преобразования содержания картографической базы данных [Текст] / С. А. Крылов, А. Г. Иванов, А. В. Дворников, Г. И. Загребин // Сб. статей по итогам науч.-технолог. конф. Приложение к журналу Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». – Вып. 6. – 2013. – С. 57–59.

78 РАКУРС. Программные решения в области геоинформатики, цифровой фотограмметрии и дистанционного зондирования [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2017. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru>. – Загл. с экрана.

79 Руководство пользователя для навигатора OrNavі версии 2S [Текст]. – М., 2016. – 38 с.

80 Руководство пользователя навигатора Kартен Mobility [Текст]. – М., 2011. – 57 с.

81 Руководство пользователя смартфона ElSmart G3 [Текст]. – М., 2015. – 85 с.

82 Савиных, В. П. Геоинформатика как система наук [Текст] / В. П. Савиных, В. Я. Цветков // Геодезия и картография. – 2013. – № 4. – С. 52–57.

83 Салищев, К. А. Картоведение [Текст] / К. А. Салищев. – М. : МГУ, 1990. – 400 с.

84 Салищев, К. А. Картография [Текст] / К. А. Салищев. – М. : Высш. школа, 1982. – 272 с.

85 Санкт-Петербургская государственная библиотека для слепых и слабовидящих. «Зримый Петербург» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gbs.spb.ru/ru/pages/proekty/proekty_v_sfere_kultury/vystavochnaia_deiatelnost/zrimyi_peterburg/. – Загл. с экрана.

86 Сеченов, И. М. Избранные философские и психологические произведения [Текст] : учеб. / И. М. Сеченов. – М. : Гос. изд-во полит. лит., 1947. – 647 с.

87 Совзонд. Геоинформационные системы и аэрокосмический мониторинг [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2016. – Режим доступа: <https://sovzond.ru/services/cartography/>. – Загл. с экрана.

88 Соколов, В. В. Эволюция тифлоинформационных средств [Текст] / В. В. Соколов // Дефектология. – 2009. – № 5. – С. 57–63.

89 Социальная защита [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: <http://www.soczaschita.ru/>. – Загл. с экрана.

90 СП 59.13330.2016. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 35-01–2001 (утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14.11.2016 № 798/пр и введен в действие с 15.05.2017). – 2016. – 47 с.

91 Строганов, Р. 3D печать. Коротко и максимально ясно [Электронный ресурс] / Р. Строганов. – Электрон. дан. – М., 2019. – Режим доступа: http://himfaq.ru/books/3d-pechat/3D-pechat_korotko-yasno-skachat-besplatno.pdf. – Загл. с экрана.

92 Теплица социальных технологий. 3D-печать произведений искусства для незрячих и слабовидящих [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://te-st.ru/2016/02/19/3d-print-art-works-for-blind/>. – Загл. с экрана.

93 Тупоногов, Б. К. Использование рельефно-графических пособий по биологии и химии [Текст] / Б. К. Тупоногов. – М. : ВОС, 1985. – 71 с.

94 Файзрахманова, А. Т. Ассистивные технологии в профессиональном образовании лиц с ограниченными возможностями здоровья [Текст] / А. Т. Файзрахманова // Актуальные проблемы специальной психологии и коррекционной педагогики: теория и практика : сб. науч. тр. IX Междунар. науч.-образоват. конф. 23 апреля 2015 г. / под ред. А. И. Ахметзяновой. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2015. – Вып. 9. – С. 156–158.

95 Цейковец, Н. Идея и реализация. Шрифт Брайля в стандарте Unicode [Электронный ресурс] / Н. Цейковец. – Электрон. дан. – М., 2015. – Режим доступа: http://www.tiflocomp.ru/docs/braille_unicode.php. – Загл. с экрана.

96 Черепанова, Е. С. Геоинформатика: основы работы с географическими пространственными данными [Текст] : учеб. пособие / Е. С. Черепанова, С. В. Пьянков, А. Н. Шихов. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2017. – 94 с.

97 Шведова, Н. П. Рельефная наглядность для слепых [Текст] / Н. П. Шведова // Воспитание и обучение детей с нарушениями развития. – 2013. – Вып. 1. – С. 33–42.

98 Шрифт Брайля [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Загл. с экрана.

99 A scientific approach to tactile map design: Minimum elevation of tactile map symbols [Text] / S. Jehoel, S. Dinar, D. McCallum, J. Rowell, S. Ungar // Proceedings of XXII International Cartographic Conference, International Cartographic Association. – Coruña, Spain, 2005. – № 24. – PP. 67–75.

100 ArcGis for Desktop [Electronic resource]. – Electron. dan. – М., 2017. – Mode of access: <http://desktop.arcgis.com/ru/>. – Tit. from the screen.

101 Barraga, N. C. Sensory perceptual development [Text] / N. C. Barraga // In G.T. Scholl (Ed.), *Foundations of education for blind and visually impaired children and youth: Theory and practice*. – New York : AFB Press, 1986. – PP. 83–98.

102 Bentzen, B. L. Teaching the use of orientation aids for orientation and mobility [Text] / B. L. Bentzen, J. R. Marston // In W. R. Wiener, R. L. Welsh, & B. B. Blasch (Eds.), *Foundations of orientation and mobility* (3rd ed). – New York, NY: American Foundation for the Blind, 2010. – PP. 315–351.

103 Blackwell, P. L. The influence of touch on child development: Implications for intervention [Text] / P. L. Blackwell // *Infants and Young Children*. – № 13 (1). – 2000. – PP. 25–39.

104 Blades, M. Map use by adults with visual impairments [Text] / M. Blades, S. Ungar, C. Spencer // *The Professional Geographer*. – Malden, 2010. – № 51. – PP. 539–553.

105 Bogart, D. Louis Braille celebration: Unifying the English braille codes [Text] / D. Bogart // *Journal of Visual Impairment & Blindness*. – № 103. – Arlington, 2009. – PP. 581–583.

106 Bogart, D. Selected findings from the first international evaluation of the proposed Unified English Braille code [Text] / D. Bogart, A. J. Koenig // *A. J. Journal of Visual Impairment & Blindness*, 2005. – № 99. – NY. – PP. 233–238.

107 Campbell, J. A code for reducing figure-ground ambiguities in tactile graphics [Text] / J. Campbell // *Journal of Visual Impairment and Blindness*. – 91 (2). – Arlington, 1997. – PP. 175–81.

108 Celani, G. C. Tactile scale models: Three-dimensional info graphics for space orientation of the blind and visually impaired [Text] / G. C. Celani, L. F. M. Milan // In P. Jorge da Silva Bartolo et al. (eds) *Virtual and rapid manufacturing: Advanced research in virtual and rapid prototyping*. – London, England: Taylor & Francis Group, 2007. – PP. 801–805.

109 Chang, D. The gestalt principles of similarity and proximity apply to both the haptic and visual grouping of elements [Text] / D. Chang, K. V. Nesbitt, K. Wil-

kins // Proceedings of the 8th Australasian Conference on User Interface. – NY, 2010. – № 64. – PP. 79–86.

110 Chen, D. Beginning communication with infants [Text] / D. Chen // Essential elements in early intervention: Visual impairments and multiple disabilities. – New York : AFB Press, 1999. – PP. 337–377.

111 Chen, D. Tactile Strategies for children who are deaf-blind: Considerations and Concerns from Project SALUTE. Deaf-Blind Perspectives [Electronic resource] / D. Chen, J. Downing & G. Rodriguez-Gil // Deaf-Blind Perspectives, 2001. – Mode of access: [http://www.projectsalute.net/Learned/Learnedhtml/Tactile Learning Strategies.html](http://www.projectsalute.net/Learned/Learnedhtml/Tactile_Learning_Strategies.html). – Tit. from the screen.

112 Chen, D. Guiding principles for instruction and program development [Text] / D. Chen, J. Dote-Kwan // Instructional practices for young children whose multiple disabilities include visual impairment Los Angeles: Blind Childrens Center. – Los Angeles, 1995. – PP. 15–28.

113 Coulson, M. R. Tactile-map output from geographical information systems: The challenge and its importance [Text] / M. R. Coulson // International Journal of Geographical Information Systems. – Brussels, 1991. – № 5 (3). – PP. 353–60.

114 Dahlberg, M. Tactile mapping: An unusual GIS application [Text] / M. Dahlberg // In Ottoson, L. (Ed.), Proceedings of 18th ICA/ACI International Cartographic Conference. – Stockholm, Sweden: Swedish Cartographic Society, 1997. – № 3. – PP. 1417–1421.

115 D'Andrea, F. M. Unified English Braille in the United States: A research agenda for transition and instruction [Text] / F. M. D'Andrea, M. Wormsley, M. S. Savaiano // (Ed.) International Review of Research in Developmental Disabilities, Vol. 46: Current Issues in the Education of Students with Visual Impairments. – Waltham, MA: Academic Press, Elsevier, 2014. – PP. 145–176.

116 Deaf-blindness: Implications for learning [Text] / J. G. Prickett, T. R. Welch, K. M. Huebner, E. Joffe // Hand in hand: Essentials of communication and orientation and mobility for your students who are deaf-blind. – New York : AFB Press, 1995. – PP. 25–60.

117 Dote-Kwan, J. Developing meaningful interventions for infants whose multiple disabilities include visual impairments [Text] / J. Dote-Kwan, D. Chen // In D. Chen (Ed.), *Essential elements in early intervention: Visual impairments and multiple disabilities*. – New York : AFB Press, 1999. – PP. 287–336.

118 Downing, J. E. Accommodating motor and sensory impairments in inclusive settings [Text] / J. E. Downing, D. L. Ryndak, S. Alper (Eds.) // *Curriculum and instruction for students with significant disabilities in inclusive settings* (2nd ed.). – Boston : Allyn and Bacon, 2003. – PP. 411–429.

119 Downing, J. E. Daily schedules: A helpful learning tool [Text] / J. E. Downing, K. Peckham-Hardin // *Teaching Exceptional Children*. – 2001. – 33 (3). – PP. 62–68.

120 Downing, J. E. Tactile strategies: Interacting with students who are blind and have severe disabilities [Text] / J. E. Downing, D. Chen // *TEACHING Exceptional Children*. – 2003. – 36 (2). – PP. 56–61.

121 Enhancing spatial learning and mobility training of visually impaired people: a technical paper on the Internet-based tactile and audio-tactile mapping [Text] / E. Siekierska, R. LaBelle, R. Brunet, P. B. Pulsifer, M. P. Rieger, L. O’Neil // *The Canadian Geographer*. – Canada, 2003. – № 47 (4). – PP. 480–493.

122 Espinosa, M. A. Using tactile maps to improve the practical spatial knowledge of adults who are blind [Text] / M. A. Espinosa, E. Ochaíta // *Journal of Visual Impairment and Blindness*. – 1998. – № 92 (5). – PP. 338–345.

123 Exploratory behavior: A comparison of infants who are congenitally blind and infants who are sighted [Text] / S. Bradley-Johnson, C. M. Johnson, J. Swanson, A. Jackson // *Journal of Visual Impairment & Blindness*. – 98. – Arlington, 2004. – PP. 496–502.

124 Fleischer, D. A. Measuring the dimensions of sensory communication at RLE. RLE Currents [Electronic resource] / D. A. Fleischer, N. L. Durlach // Retrieved August 18, 2004. – Mode of access: <http://rleweb.mit.edu/Publications/currents/6-2cover.htm>. – Tit. from the screen.

125 Fraiberg, S. Parallel and divergent patterns in blind and sighted infants [Text] / S. Fraiberg // *Psychoanalytic Study of the Child*. – USA, 1968. – № 23. – PP. 264–300.

126 Gallagher, N. G. Effects of infant massage on cognitive, motor, and social-emotional functioning in high-risk infants [Electronic resource] / N. G. Gallagher // *Bridges Practice-Based Research Syntheses*, 2003. – № 2 (13), 1–11. Retrieved November 20, 2003. – Mode of access: <http://evidencebasedpractices.org>. – Tit. from the screen.

127 Gardiner, A. Best practice guidelines for the design, production and presentation of vacuum formed tactile maps [Electronic resource] / A. Gardiner // *Tactile Books*, 2003. – Mode of access: <http://www.tactilebooks.org/tactileguidelines/page1.htm>. – Tit. from the screen.

128 Gentle, F. New dots Downunder: The implementation of Unified English Braille in Australian schools [Text] / F. Gentle, M. Steer, J. Howse // *British Journal of Visual Impairment*. – № 30. – London, 2012. – PP. 197–200.

129 Gerber, E. Literacy and controversy: Focus-group data from Canada on proposed changes to the braille code [Text] / E. Gerber, B. C. Smith // *Journal of Visual Impairment & Blindness*. – Arlington, 2006. – № 100. – PP. 459–470.

130 Gerber, E. Literacy and controversy: Focus-group data from Canada on proposed changes to the braille code [Text] / E. Gerber, B. C. Smith // *Journal of Visual Impairment & Blindness*. – № 100. – Arlington, 2006. – PP. 459–470.

131 Griffith, P. L. Tactile iconicity: Signs related for use with deaf-blind children [Text] / P. L. Griffith, J. H. Robinson, J. H. Panagos // *Journal of the Association for Persons with Severe Handicaps*. – Baltimore, 1983. – № 8 (2). – PP. 26–38.

132 Guidelines and Standards for Tactile Graphics [Electronic resource]. – Electron. dan. – M., 2017. – Mode of access: <http://brailleauthority.org/tg/web-manual/>. – Tit. from the screen.

133 Hagood, L. (n.d.). A standard tactile symbol system: Graphic language for individuals who are blind and unable to learn braille. SEE/HEAR [Electronic resource] /

L. Hagood // Retrieved March 10, 2005. – Mode of access: www.tsbvi.edu/Outreach/seehear/archive/tactile.html. – Tit. from the screen.

134 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 [Electronic resource] / L. Hagood // Life Skill Department, Texas School for the Blind and Visually Impaired, Retrieved on May 14, 2013. – Mode of access: from <https://www.tsbvi.edu/selected-resource-topics>. – Tit. from the screen.

135 Haptic recognition in two infants with low vision assessed by a familiarization procedure [Text] / D. Catherwood, L. Drew, B. Hein, H. Grainger // Journal of Visual Impairment & Blindness. – 92. – Arlington, 1998. – PP. 212–215.

136 History of the UEB project can be found on the web site of the International Council on English Braille (ICEB) [Electronic resource], 2019. – Mode of access: <http://www.iceb.org/ubc.html>. – Tit. from the screen.

137 Holbrook, M. C. The Unified English Braille Code: Examination by science, mathematics, and computer science technical expert braille readers [Text] / M. C. Holbrook, P. A. MacCuspie // Journal of Visual Impairment & Blindness. – № 104. – Arlington, 2010. – PP. 533–541.

138 Jehoel, S. A. Tactile elevation perception in blind and sighted participants and its implications for tactile map creation [Text] / S. A. Jehoel, S. Ungar, A. Sterr // Hum Factors. – 2009. – 51 (2). – PP. 208–223.

139 Joint, S. Body signing: A functional strategy for introducing language to students who are deafblind [Text] / S. Joint // Deaf-Blind Review. – Camberwell, 1998. – № 21. – PP. 10–11.

140 Jolley, W. Unified English Braille: Australians blazing the trail [Text] / W. Jolley // Journal of Visual Impairment & Blindness. – № 99. – Arlington, 2005. – PP. 517–519.

141 Kahn, J. V. Cognitive skills and sign language knowledge of children with severe and profound mental retardation [Text] / J. V. Kahn // Education and Training in

Mental Retardation and Developmental Disabilities. – USA, 1996. – № 31. – PP. 162–168.

142 Klein, M. D. Promoting learning through active interaction. A guide to early communication with young children who have multiple disabilities [Text] / M. D. Klein, D. Chen, M. Haney // Journal of Visual Impairments & Blindness. – Arlington, 2000. – № 89. – PP. 222–228.

143 Knowlton, M. Analysis of the length of braille texts in English Braille American Edition, the Nemeth Code, and Computer Braille Code versus the Unified English Braille Code [Text] / M. Knowlton, R. Wetzel // Journal of Visual Impairment & Blindness. – № 100. – Arlington, 2006. – PP. 267–274.

144 Lambert, L. An evaluation of the legibility and meaningfulness of potential map symbols [Text] / L. Lambert, S. Lederman // Journal of Visual Impairment and Blindness. – Arlington, 1989. – № 83 (8). – PP. 397–403.

145 Lappin, G. Applying infant massage practices: A qualitative study [Text] / G. Lappin, R. E. Kretschmer // Journal of Visual Impairment & Blindness. – Arlington, 2005. – № 99. – PP. 355–367.

146 Lawrence, M. M. The design of tactile thematic symbols [Text] / M. M. Lawrence, A. Lobben // Journal of Visual Impairment and Blindness. – Arlington, 2011. – № 105 (10). – PP. 681–691.

147 Lederman, S. J. Hand movements: A window into haptic object recognition [Text] / S. J. Lederman, R. L. Klatsky // Cognitive Psychology. – USA, 1987. – № 19. – PP. 342–368.

148 Lobben, A. Classification and application of cartographic animation [Electronic resource] / A. Lobben // The Professional Geographer – Malden. 2003. – Mode of access: http://geog.uoregon.edu/geocog/information/library/lobben_03_classification.pdf. – Tit. from the screen.

149 Lobben, A. Design Guidelines for Digital Atlases [Text] / A. Lobben, D. Patton // Cartographic Perspectives. – № 44. – Milwaukee, 2003. – PP. 51–62.

150 Lobben, A. Design Guidelines for Digital Atlases [Text] / A. Lobben, D. Patton // *Cartographic Perspectives*. – Milwaukee, 2003. – № 44. – PP. 51–62.

151 Lobben, A. Identifying the Needs of Tactile Map Makers [Electronic resource] / A. Lobben // *Proceedings of the 22nd International Cartographic Conference: A Coruna*. – Spain, 2005. – Mode of access: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.466.6773&rep=rep1&type=pdf>. – Tit. from the screen.

152 Lobben, A. Multimedia as a Cartographic Research Tool [Electronic resource] / A. Lobben // *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference*: – Beijing, 2003. – Mode of access: https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2001/icc2001/file/f24005.pdf. – Tit. from the screen.

153 Lobben, A. Navigational map reading: Predicting performance and identifying relative influence of map-related abilities [Electronic resource] / A. Lobben // *Annals of the Association of American Geographer* – Malden, 2007. – Mode of access: http://geog.uoregon.edu/geocog/information/library/lobben_07_navigational.pdf. – Tit. from the screen.

154 Lobben, A. Tasks, strategies, and cognitive processes associated with navigational map reading: A review perspective [Electronic resource] / A. Lobben // *The Professional Geographer* – Malden, 2004. – 56 (2). – PP. 270–281. – Mode of access: http://geog.uoregon.edu/geocog/information/library/lobben_04_tasks.pdf. – Tit. from the screen.

155 Lobben, A. The map effect [Text] / A. Lobben, M. Lawrence, R. Pickett // *Annals of the Association of American Geographers*. – London, 2014. – № 104 (1). – PP. 96–113.

156 Lobben, A. The use of environmental features on tactile maps by navigators who are blind [Text] / A. Lobben, M. Lawrence // *The Professional Geographer* – London, 2012. – № 64 (1). – PP. 95–108.

157 Lobben, A. Using fMRI in Cartographic Research [Electronic resource] / A. Lobben, J. Olson, J. Huang // *Proceedings of the 22nd International Cartographic Conference*. – Spain, 2005. – Mode of access: http://geog.uoregon.edu/geocog/information/library/lobben_olson_05.pdf. – Tit. from the screen.

158 Lobben, A. Influence of Data Properties on Animated Maps to appear in Annals of the Association of American Geographers [Electronic resource] / A. Lobben // Journal Annals of the Association of American Geographers. – London, 2008. – Mode of access: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00045600802046577>.

159 MacEachren, A. How maps work: representation, visualization, and design [Text] / A. MacEachren // New York : The Guilford Press. – New York, 1995. – P. 513.

160 Nielsen, L. Spatial relations in congenitally blind infants: A study [Text] / L. Nielsen // Journal of Visual Impairments & Blindness. – Arlington, 1991 – № 85. – PP. 11–18.

161 Olson, J. Strategy Issues in Map Use for Way-Finding [Electronic resource] / J. Olson, A. Lobben // Cartographic Renaissance: Proceedings of the 21st International Cartographic Conference. – Durban, South Africa, 2003. – Mode of access: https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2003/Papers/246.pdf. – Tit. from the screen.

162 Perkins, C. Cartography: Progress in tactile mapping [Text] / C. Perkins // Progress in Human Geography. – USA, 2002. – № 26 (4). – PP. 521–530.

163 Perkins, C. What I really, really want: How visually impaired people can improve tactile map design [Text] / C. Perkins, A. Gardiner // In Ottoson, L. (Ed.), Proceedings of 18th ICA/ACI International Cartographic Conference. – Stockholm, Sweden, 1997. – PP. 1159–1166.

164 Rogow, S. The ways of the hand: Hand function in blind, visually impaired and visually impaired multihandicapped children [Text] / S. Rogow // British Journal of Visual Impairment. – London, 1987. – № 5 (2). – PP. 59–62.

165 Route-Finding Assistances for Community Travelers with Cognitive Impairments: A Comparison of Four Prompt [Electronic resource] / S. Fickas, X. Yao, M. Sohlberg, P. Hung // Proceedings of the 9th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services – (MobileHCI 2007). – Singapore, 2007. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17522993>. – Tit. from the screen.

166 Rowell, J. The world of touch: Results of an international survey of tactile maps and symbols [Text] / J. Rowell, S. Ungar // *The Cartographic Journal*. – UK, 2003. – № 40 (3). – PP. 259–263.

167 Rowland, C. Communication systems, devices and modes [Text] / C. Rowland, P. Schweigert, J. G. Prickett // In K. M. Huebner, J. G. Prickett, T. R. Welch, & E. Joffe (Eds.). *Hand in hand: Essentials in communication and orientation and mobility for your students who are deaf-blind*. – New York : AFB Press, 1995. – PP. 219–295.

168 Schellingerhout, R. Haptic object exploration in congenitally blind infants / R. Schellingerhout, A. W. Smithsman, G. P. Van Galen // *Journal of Visual Impairments & Blindness* – Arlington, 1998. – № 92. – PP. 674–678.

169 Spungin, S. J. Speaker's corner: Cannibalism is alive and well in the blindness field [Text] / S. J. Spungin // *Journal of Visual Impairment & Blindness*. – № 97. – Arlington, 2003. – PP. 69–71.

170 The beginnings of communication: Early childhood [Text] / D. K. Chen, M. Huebner, J. G. Prickett, T. R. Welch, E. Joffe // *Hand in hand: Essentials of communication and orientation and mobility for your students who are deaf-blind*. – New York : AFB Press, 1995. – PP. 185–218.

171 Ungar, S. Strategies for knowledge acquisition from cartographic maps by blind and visually impaired adults [Text] / S. Ungar, M. Blades, C. Spencer // *The Cartographic Journal*. – UK, 1997. – № 34 (2). – PP. 93–110.

172 University of Oregon Tactile Map Editor. User Guide and Tutorial [Electronic resource]. – Spain, 2007. – Mode of access: http://geog.uoregon.edu/geocog/products/TaME_Full_Little_5_31_11.pdf. – Tit. from the screen.

173 Visual impairment and urban orientation. Pilot study with tactile maps produced through 3D printing [Text] / J. Gual, J. Puyuelo, M. Loveras, L. Merino // *Psychology: Ambient-Bilingual Journal of Environmental Psychology*, 2012. – № 3. – PP. 239–250.

174 Wetzel, R. Focus group research on the implications of adopting the Unified English Braille Code [Text] / R. Wetzel, M. Knowlton // Journal of Visual Impairment & Blindness. – № 100. – Arlington, 2006. – PP. 203–211.

175 Wetzel, R. Studies of braille reading rates and implications for the Unified English Braille Code [Text] / R. Wetzel, M. Knowlton // Journal of Visual Impairment & Blindness. – № 100. – Arlington, 2006. – PP. 275–284.

176 William, R. Foundations of orientation and mobility [Text] / R. William, B. Bruce Blasch, L. Richard / second edition, AFB press, N-Y, 1997. – PP. 284–316.

177 Xiangkui, Ya. Pedestrian Navigation Systems: a Case Study of Deep Personalization. First Workshop on Software Engineering for Pervasive Computing Applications [Electronic resource] / Ya. Xiangkui, S. Fickas // Systems and Environments (SEPCASE'07). International Conference on Software Engineering Workshops. – NY, 2007. – Mode of access: <https://www.semanticscholar.org/paper/Pedestrian-Navigation-Systems%3A-a-Case-Study-of-Deep-Yao-Fickas/7fd43501fab091ee1cae7307ef65c8e3f0d335aa>. – Tit. from the screen.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

ШРИФТ БРАЙЛЯ НА КИРИЛЛИЦЕ И ЛАТИНИЦЕ

Таблица А.1 – Шрифт Брайля кириллица [13]

Шрифт Брайля	Кириллица	Шрифт Брайля	Кириллица
·	А	⠠	Р
⠠	Б	⠡	С
⠢	В	⠣	Т
⠤	Г	⠥	У
⠦	Д	⠧	Ф
⠨	Е	⠩	Х
⠬	Ё	⠫	Ц
⠮	Ж	⠭	Ч
⠰	З	⠯	Ш
⠲	И	⠱	Щ
⠴	К	⠳	Ъ
⠶	Л	⠵	Ы
⠸	М	⠷	Ь
⠺	Н	⠹	Э
⠼	О	⠻	Ю
⠾	П	⠽	Я
⠿	Р		Пробел

Таблица А.2 – Шрифт Брайля латиница [13]

Шрифт Брайля	Латиница	Шрифт Брайля	Латиница
·	A	⠠	R
⠨	B	⠠	S
⠠	C	⠠	T
⠠	D	⠠	U
⠠	E	⠠	V
⠠	F	⠠	W
⠠	G	⠠	X
⠠	H	⠠	Y
⠠	I	⠠	Z
⠠	J	·	Знак заглавной буквы
⠠	K	⠠	Знак номера
⠠	L	⠠	Точка
⠠	M	·	Запятая
⠠	N	⠠	Вопросительный знак
⠠	O	⠠	Точка с запятой
⠠	P	⠠	Дефис
⠠	Q		Пробел

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

АНКЕТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ТАКТИЛЬНОМУ ВОСПРИЯТИЮ

Первый этап. Вводная часть		
Имя:		
Пол:		
Возраст:		
Владение азбукой Брайля (подчеркнуть нужное):		
<i>Свободно</i>	<i>Частично</i>	<i>Не владеет</i>
Когда была приобретена слепота (подчеркнуть нужное):		
<i>Врожденная</i>	<i>(указать возраст)</i>	<i>Приобретенная</i>
Второй этап. Выбор вида пластика		
PLA (синяя модель)	ABS (белая модель)	Watson (зеленая модель)
Степень восприятия (подчеркнуть 1, 2 или 3 в зависимости от качества восприятия модели)		
<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
Описание условного знака словами тестируемого:	Описание условного знака словами тестируемого:	Описание условного знака словами тестируемого:
Третий этап. Оценка условного знака «растительность»		
Критерий	Условный знак читается	Условный знак не читается


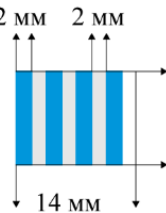
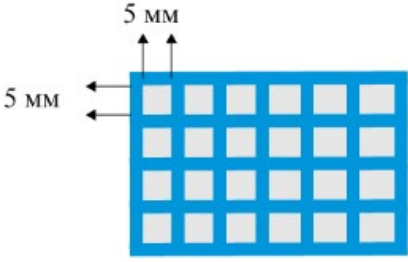

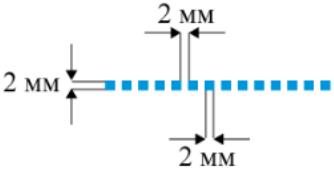
·		··	
∴		∴	
∴		∴	
·		∴	
∴		∴	
·		∴	
∴		∴	
∴		∴	
∴		∴	
∴		∴	
∴		∴	
∴		∴	
Седьмой этап. Условные обозначения зданий			
Различимы все	Допущена ошибка (описать, какой условный знак не был распознан)	Не различимы все	
Восьмой этап. Пожелания тестируемого			

ПРИЛОЖЕНИЕ В

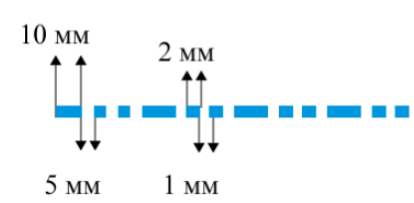

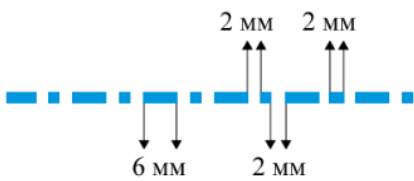
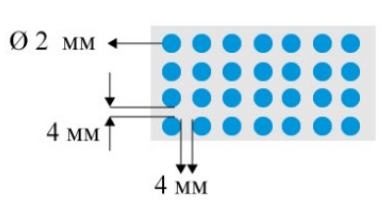
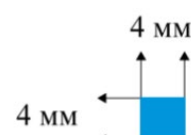
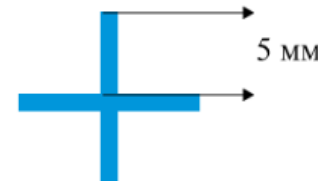
(обязательное)

СИСТЕМА ТАКТИЛЬНЫХ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

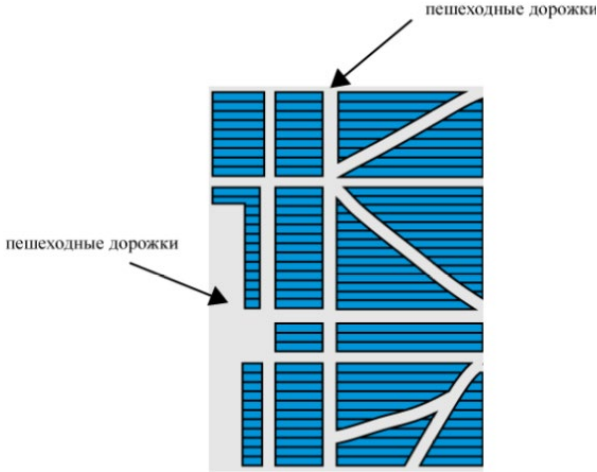
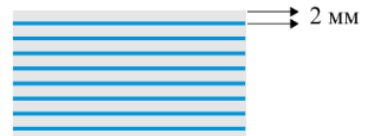
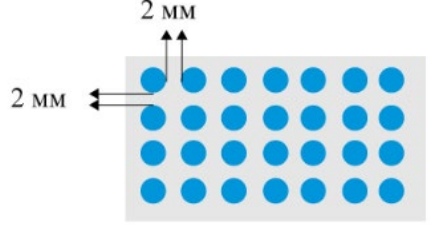
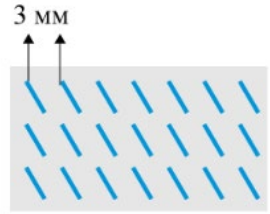
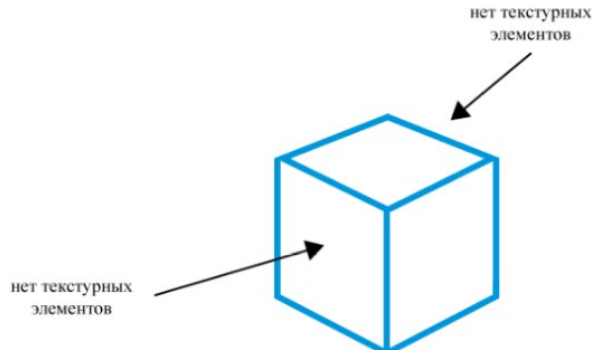
Таблица В.1 – Система условных обозначений для использования на тактильных планах на территорию парков и скверов

Отображаемые объекты, явления	Размеры условного обозначения	Текстура условного обозначения
Указатель входа в здание	Сторона – 5 мм, высота – 2 мм	
Пешеходные переходы, оборудованные светофорами	Ширина полос – 2 мм, высота – 1,5 мм	
Пешеходные переходы, не оборудованные светофорами	Ширина полосы – 1 мм, расстояние между линиями – 5 мм, высота полос – 1 мм	
Станции, остановки	Диаметр большей окружности – 8 мм, диаметр меньшей окружности – 4 мм, высота – 1,5 мм	
Заборы	Ширина линии – 2 мм, размер сменяющихся элементов линии: ширина – 2 мм, длина – 2 мм, высота – 1,5 мм	


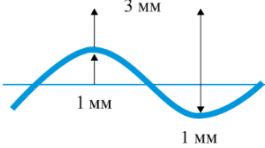
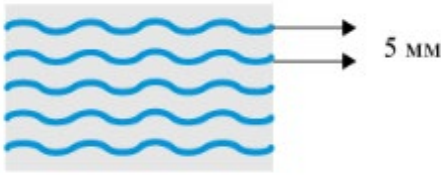

Продолжение таблицы В.1

Отображаемые объекты, явления	Размеры условного обозначения	Текстура условного обозначения
Бордюры	Ширина линии – 2 мм, длина длинного сегмента – 10 мм, длина короткого сегмента – 2 мм, расстояние между коротким и длинным сегментом – 5 мм, расстояние между короткими сегментами – 1 мм, высота – 1 мм	
Тактильные дорожки	Ширина линии – 2 мм, высота – 0,5 мм	
Велосипедные дорожки	Ширина линии – 2 мм, длина длинного сегмента – 6 мм, длина короткого сегмента – 2 мм, расстояние между сегментами – 2 мм, высота – 0,5 мм	
Проезжая часть (улицы)	Диаметр точек – 2 мм, высота – 1 мм, расстояние между точками – 4 мм, ширина условного знака на тактильном материале – 14 мм	
Мост	Сторона квадрата – 4 мм, высота – 1,5 мм	
Детская площадка	Длина выступающих линий – 5 мм, ширина – 1 мм, высота – 1 мм	

Продолжение таблицы В.1

Отображаемые объекты, явления	Размеры условного обозначения	Текстура условного обозначения
Пешеходные дорожки	Пешеходные дорожки необходимо отображать с нулевой высотой (высота самой карты) без текстур, ширина дорожки – 5 мм	
Административные здания	Расстояние между линиями – 2 мм, ширина линии – 0,5 мм, высота – 0,5 мм	
Социально-значимые здания	Расстояние между окружностями – 2 мм (от края до края окружности, как показано на рисунке) диаметр кружка – 1,5 мм, высота – 0,5 мм	
Жилые дома	Расстояние между элементами – 3 мм, ширина элемента – 1,5 мм, длина – 5 мм, высота – 1 мм. Угол наклона равен 60°	
Иные категории зданий	—	

Окончание таблицы В.1

Отображаемые объекты, явления	Размеры условного обозначения	Текстура условного обозначения
Памятники	Диаметр условного знака – 6 мм, высота – 2 мм	
Растительность	<p>Расстояние между линиями – 3 мм, расстояние между кривыми элементами линии по отношению к прямой – 1 мм</p> 	
Река	Ширина линии – 1 мм, высота – 0,5 мм	
Озеро	<p>Расстояние между элементами – 3 мм, ширина элемента – 1,5 мм, высота – 0,5 мм. Угол наклона равен 60°</p> 