

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

На правах рукописи



Женибекова Алтын Бактваевна

Формализация картографических процессов
для автоматизированного создания карт в среде ГИС
неподготовленными пользователями

25.00.33 – Картография

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент
Янкелевич Светлана Сергеевна

Новосибирск – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР, ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОПРОСОВ ФОРМАЛИЗАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ..	8
1.1 Состояние и достижения автоматизации процессов создания карт в картографической методологии.....	8
1.2 Анализ состояния вопросов формализации картографических процессов в среде ГИС.....	12
1.3 Анализ общих картографических процессов в среде ГИС	29
1.4 Выводы по первому разделу.....	32
2 ИССЛЕДОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ В СРЕДЕ ГИС.....	33
2.1 Исследование процесса проектирования карты в среде ГИС.....	33
2.2 Исследование процесса сбора геоданных для создания карт в среде ГИС..	45
2.3 Исследование процесса отображения геоданных в среде ГИС.....	48
2.4 Исследование процесса геопространственного анализа в среде ГИС.....	57
2.5 Выводы по второму разделу	64
3 ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОЗДАНИЯ КАРТ В СРЕДЕ ГИС НЕПОДГОТОВЛЕННЫМИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ.....	66
3.1 Формализованное описание картографических процессов и разработка алгоритма автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС.....	66
3.2 Разработка программного модуля управления процессом автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями.....	78
3.3 Апробация экспериментального образца программного модуля управления процессом автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями.....	84

3.4 Выводы по третьему разделу.....	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ А (рекомендуемое) НАБОР ОБЪЕКТОВ ОБЩЕГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАСШТАБА КАРТЫ (НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕМЕНТА ГИДРОГРАФИИ).....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (рекомендуемое) СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЩЕГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАСШТАБА КАРТЫ (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕМЕНТА ГИДРОГРАФИИ).....	110

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время инструментальные геоинформационные системы (ГИС) находят широкое применение в отраслях экономики и жизнедеятельности общества. ГИС диктуют необходимость вовлечения широких слоев пользователей геоинформации, в том числе не имеющих специальной подготовки в области картографии и ГИС, в процесс создания карт. Сложность освоения и применения ГИС-инструментов требует специальной профессиональной подготовки пользователей. Глобальные процессы информатизации общества послужили причиной того, что на сегодняшний день цифровые карты и ГИС приобрели самый широкий и повседневный характер в использовании. Таким образом, происходит распространение цифровых карт и ГИС среди неподготовленных пользователей.

Однако существует противоречие между явлением активного распространения инструментальных ГИС среди неподготовленных пользователей и их готовностью к самостоятельному геопространственному анализу и созданию собственных цифровых карт. Процесс создания карты в среде ГИС может затянуться на длительный срок из-за вопросов проектирования карты, отбора геоданных и картографического отображения, то есть из-за специфических вопросов картографии. Самостоятельное создание карт неподготовленными пользователями подразумевает обеспечение их автоматизированной программой, что требует формализации картографических процессов в среде ГИС.

Цели и задачи исследования.

Целью исследования является формализация картографических процессов для автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями.

Задачи исследования:

– проанализировать состояние и достижения в области автоматизации картографических процессов;

- сформулировать принципы автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;
- выполнить формализованное описание картографических процессов;
- разработать алгоритм автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;
- создать программный модуль управления процессом автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями;
- апробировать процесс автоматизированного создания карт в среде ГИС.

Научная новизна состоит в следующем:

- выполнено формализованное описание картографических процессов на основе предложенных принципов автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС, обеспечивающее автоматизированное создание карт неподготовленными пользователями;
- предложен алгоритм процесса автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями, реализующий автоматизацию процесса сбора геоданных из доступных баз данных и построения на их основе типовых запросов пользователей и тематических цифровых карт;
- создан программный модуль управления процессом автоматизированного создания карт в среде ГИС, который реализует базовые технические решения в виде пользовательского интерфейса, позволяющего неподготовленным пользователям создавать тематические карты на основе геоданных из доступных баз данных и решать типовые задачи геопространственного анализа.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы состоит в формализации картографических процессов для последующего автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями.

Практическая значимость работы заключается в разработке программного модуля управления процессом создания карт, который может быть использован неподготовленными пользователями при картографировании в среде ГИС.

Методология и методы исследования. Методология исследования базируется на базовых понятиях и методах картографии, геоинформационного картографирования, методах системного подхода и сравнительного анализа, а также методах экспериментального апробирования.

Положения, выносимые на защиту:

– автоматизация процесса создания карт в среде ГИС для пользователей, не имеющих специальной подготовки в области картографии;

– формализация картографических процессов – основа автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;

– разработка типовых запросов по проектированию карт и геопространственному анализу при автоматизированном создании карт неподготовленными пользователями.

Степень достоверности и апробации результатов. Ключевые положения и результаты диссертационного исследования извещались и рассматривались на международных научных выставках:

– «Интерэкспо ГЕО-Сибирь–2014» (16–18 апреля 2014 г., г. Новосибирск);

– «Интерэкспо ГЕО-Сибирь–2015» (20–22 апреля 2015 г., г. Новосибирск);

– «Интерэкспо ГЕО-Сибирь–2016» (18–22 апреля 2016 г., г. Новосибирск).

Диссертационное исследование выполнено в рамках федеральной целевой программы научно-исследовательской работы по теме «Пространственно-временное моделирование окружающей среды для целей социально-экономического развития территорий», по государственному контракту № 1720 при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям.

Количество публикаций по теме диссертации. Основные результаты диссертационного исследования представлены в 6 публикациях, из которых 2 – в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 116 страниц печатного текста. Диссертация состоит из введения, 3 разделов, заключения, спи-

ска литературы, включающего 110 наименований, содержит 13 таблиц, 19 рисунков, 2 приложения.

1 ОБЗОР, ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОПРОСОВ ФОРМАЛИЗАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1.1 Состояние и достижения автоматизации процессов создания карт в картографической методологии

Глобальные процессы информатизации общества послужили причинами того, что на сегодняшний день цифровые карты приобрели повседневный характер в использовании [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Явление активного распространения мобильных ГИС-приложений свидетельствует о готовности общества к самостоятельному геопространственному анализу и созданию собственных цифровых карт [10, 11, 12]. Поэтому в настоящее время актуальна формализация картографических процессов в типовых инструментальных ГИС для автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями.

Задача автоматизации создания карт не является новой. В эпоху электронно-вычислительных машин автоматизация процессов составления общегеографических и тематических карт с использованием аэрокосмической, картографической и статистической информации преследовала цель повышения уровня производительности труда и, как следствие, увеличения количества создаваемой картографической продукции для удовлетворения нужд государства [13, 14, 15, 16].

Выдающийся вклад в развитие автоматизации процессов создания карт внесли ученые Берлянт А. М., Бойко А. В., Васмут А. С., Жалковский Е. А., Жуков В. Т., Журкин И. Г., Иванов А. Г., Кошкарев А. В., Лисицкий Д. В., Лурье И. К., Мартыненко А. И., Матерук А. Ю., Салищев К. А., Серапинас Б. Б., Сербенюк С. Н., Свентэк Ю. В., Тикунов В. С., Халугин Е. И., Черкасов С. А., Waldo Tobler, Martin A Fischler, Alberto Torfer Kartell, Richard Smith, Amber Bethell, Joe Sheffield.

Разрабатываемые в 70–80-х гг. методы автоматизации создания карт охватывали следующие крупные картографические процессы: сбор картографической информации, картографическое отображение, картографическая генерализация [17, 18, 19, 20, 21, 22].

В ходе изучения вопроса состояния и достижений автоматизации создания карт выяснено, что в прошлом столетии отечественная картография совершила гигантский рывок от разрозненных ведомств по картографии начала XX-го века до создания и функционирования автоматизированных картографических систем к концу столетия. На основании изучения и анализа состояния отечественной картографии эпохи СССР был сделан вывод, что советскими учеными были достигнуты значительные успехи в картографии. 70–80-ые годы прошлого столетия были особенно насыщены достижениями автоматизации картографических процессов благодаря систематизированным методам по сбору, хранению, обработке и выдаче картографической, статистической и аэрокосмической информации. На территории всей страны существовал системный сбор всех видов информации: картографической, статистической, аэрокосмической. Это подтверждает функционирование картографических информационно-поисковых систем и информационно-поисковых языков. Более того, на их основе развивались информационные базы картографических данных [13]. Целью автоматизации картографирования было создание единой системы, состоящей из сети связанных банков пространственной информации, которая впоследствии должна была интегрироваться в геоинформационную систему, связывающую картографию с другими отраслями экономики государства [23].

В основе моделирования многих картографических процессов при ЭВМ и автоматизации лежат такие разработки, как: классификация, структуризация, формализация элементов всех процессов при создании карт. Эти разработки выполнялись при автоматизации поиска информации, её хранению и выдаче по запросу пользователей в виде оперативных карт. Главным условием разработок было описание объектов и явлений в виде категорий, классов с последующим описанием их на языке математики [13, 23].

Для объектов и явлений, не представляемых в виде классов или категорий, разрабатывались базы знаний, содержащие помимо банков данных концептуальные понятия об объектах [13]. Таким образом, закладывалась основа для создания экспертной системы. Существовали информационно-поисковые системы, на базе

которых развивали «автоматизированные системы нового поколения – географические информационные системы», и к началу нового столетия картография стояла на пороге к интеллектуализации процессов картосоставления [14, 15, 16]. Этот факт подтверждают следующие достижения: создание автоматизированного банка картографических данных, создание машинно-ориентированного формализованного картографического языка, проектирование средств представления знаний о картографии в виде гиперграфов, создание реляционной модели данных [24].

В XX веке крупномасштабное картографирование осуществлялось средствами автоматизированных картографических систем (АКС). АКС представляли собой совокупность технического, программного и технологического обеспечения и были предназначены для комплексной автоматизации на базе ЭВМ камеральных процессов создания топографических планов масштаба 1:500 – 1:5000. АКС охватывали весь комплекс процессов сбора и обработки цифровой топографической информации:

- автоматизированный сбор цифровой топографической информации геодезическими, фотограмметрическими методами, а также способом дигитализации картографических материалов;

- преобразование цифровой информации к виду, удобному для обработки на ЭВМ;

- автоматизированную обработку данных;

- вычерчивание оригиналов рельефа с помощью графопостроителей;

АСК состоит из четырех подсистем[25]:

- подсистема сбора цифровой информации;

- подсистема первичной обработки информации;

- подсистема формализации;

- подсистема картографического отображения.

Результатом функционирования подсистемы сбора информации является информация о взаимно-пространственном расположении объектов местности и об их свойствах в виде массивов измерительной и синтаксической информации на машинных носителях.

В подсистеме первичной обработки информации происходит преобразование массивов измерительной информации в массивы метрической информации единого формата, а также осуществляется заполнение базы данных первичной обработанной информацией. В результате формируются массивы геометрической информации.

В подсистеме формализации формируется цифровая модель местности. Геометрическая часть цифровой модели местности образуется в оперативной памяти данных моделирования. Предметная часть цифровой модели местности образуется в результате ввода массивов предметной информации и установления соответствия их геометрической части. В результате формализации формируется цифровая модель местности записанная в оперативную базу данных моделирования.

В подсистеме картографического отображения происходит формирование на основе цифровой модели местности цифровой карты и её автоматическое вычерчивание, например:

- интерполирование горизонталей;
- формирование условных знаков и подписей

Картографические процессы по созданию отдельных аналитических тематических карт также были полностью автоматизированы. На базе электронно-вычислительных машин были решены проблемы автоматизации элементарных аналитических карт с количественными показателями [24].

В советской картографии в основе всех разработок по автоматизации процессов при картосоставлении было использование электронно-вычислительных машин и автоматики. Впоследствии, произошёл процесс интеграции процессов создания и использования карт. Данный факт необходимо отметить, так как в Канаде и США велись разработки по созданию, внедрению и эксплуатации ГИС в рамках ведения земельного кадастра и в качестве расширенной базы данных с функциями геопространственного анализа и визуализации, то есть с методами картографического отображения и использования карт [27]. Одним из перспектив развития картографии как науки было направление использования карт многооб-

разными потребителями с пониманием их сущности как образно-знаковых пространственно-временных моделей действительности [23].

Использование автоматизированных картографических систем требовало от составителя-картографа, как картографических знаний, так и знаний функционирования программного обеспечения. То есть, автоматизация картографических процессов разрабатывалась в рамках её дальнейшего использования узким кругом специалистов – картографов.

1.2 Анализ состояния вопросов формализации картографических процессов в среде ГИС

Появление в 90-х гг. ГИС привело к появлению новых видов продукции, а именно: цифровых моделей местности, цифровых и электронных карт [27]. В среде ГИС ведущим направлением разработок остается автоматизация создания цифровых карт: автоматизация картографического отображения, автоматизация картографической генерализации, формирование картографических баз данных. Методические основы и разработки по автоматизации создания карт в среде ГИС ориентированы на использование подготовленным пользователем.

В ходе исследования состояния формализации картографических процессов в среде ГИС возникает противоречивое мнение. Не смотря на имеющиеся отечественные достижения в области автоматизации процессов создания карт, снова возникают задачи формализации и автоматизации данных процессов. Отечественная картография была на пути к появлению отечественной централизованной ГИС. Появление в 90-х гг. на информационном рынке страны зарубежных ГИС, разрабатываемые в других условиях, привело к ряду проблем в отечественном геоинформационном картографировании. Это отличия между базами данных существующих ГИС, нехватка формализованных схем для однозначного требования к процессу отображения в ГИС, отсутствие системного подхода при решении проблем автоматизации процессов, семантическая несовместимость некоторых ГИС, появление картографической продукции, созданных не по принципам кар-

тографической методологии [28, 29, 30]. Таким образом, помимо главных проблем картографии – автоматизации картографических процессов – появились и новые, вытекающие из особенностей внутреннего строения и функционирования самих инструментальных ГИС. Поэтому в этот период времени появляется ряд работ с разработками, методологическими и технологическими основами при автоматизации и формализации картографических процессов в условиях ГИС-моделирования. Это преобразование способов изображений в условиях мультимасштабного картографирования, создание мультимасштабных баз геоданных, оформление мультимасштабных карт, методические основы автоматизированного выбора и построения математической основы карт, автоматизация отбора и обобщения объектов при создании цифровых картографических основ [31, 32, 33, 34, 35]. Большой вклад в развитие автоматизации процессов камерального геоинформационного картографирования внесли творческий коллектив кафедры картографии Московского государственного университета геодезии и картографии, а также сотрудники кафедры картографии и геоинформатики Московского государственного университета им. Ломоносова.

В этот период времени в Сибирском государственном университете геосистем и технологий (СГУГиТ) проводились исследования по автоматизации отдельных картографических процессов, а также исследования возможностей ГИС-моделирования. Это автоматизация процессов отображения картографических условных знаков [36, 37], исследования при навигационной картографии [38, 39], экологическое картографирование [40], мультимедийное картографирование [41, 42, 43], web-картографирование [44, 45], а также проводились исследования компьютерных картографических изображений и их реализация в геоинформационном картографировании [46]. Особенностью исследований является направленность разработок к использованию неподготовленными пользователями ГИС, например, образовательными, административными учреждениями. А также проводились исследования по созданию единого геоинформационного пространства [10]. Так, С.С. Янкелевич отмечает, что формализация процесса создания карт в среде ГИС требует общих принципов и разработки конкретных приёмов изобра-

жения и оформления, что в свою очередь сохранит универсальность языка карты и решит проблемы взаимодействия специалистов различных областей [47, 48].

С 2010 г. творческим коллективом кафедры картографии и геоинформатики СГУГиТ проводилась научно-исследовательская работа по разработке методики создания инструментальной справочно-аналитической географической информационной системы (ИСА ГИС) на территорию социально-экономических комплексов [10, 11, 48, 49, 50]. Разработанная научно-техническая продукция в виде экспериментального образца ИСА ГИС предназначена для использования в системах регионального, городского и муниципального управления, в отраслях экономики и социальной сферы.

Особенностью методики является:

- представление сложного процесса создания тематических карт в виде ряда типовых задач;
- использование показателей, официально утвержденных и принятых Федеральной службой государственной статистики при ведении Российской государственной статистики.

Для картографической реализации типовых задач, решаемых в ИСА ГИС, применены способы картографического изображения, выбранные с учетом характера распространения картографируемых объектов (явлений) и специфики их отображаемых показателей, в частности:

- способ картограммы используется для показа относительных статистических показателей по единицам административно-территориального деления;
- способ картодиаграммы используется для изображения абсолютных статистических показателей по единицам административно-территориального деления с помощью диаграммных знаков;
- способ изолиний применяется для изображения непрерывных, плавно изменяющихся явлений, образующих физические поля;
- способ линейных знаков используется для изображения реальных или абстрактных объектов, локализованных на линиях;

- способ значков применяется для показа объектов, локализованных в пунктах и обычно не выражающихся в масштабе карты;
- способ ареалов состоит в выделении на карте области распространения какого-либо сплошного или рассредоточенного явления.

Принципиальная последовательность создания тематической карты в ИСА ГИС происходит в четыре этапа.

На первом этапе пользователь определяется с выбором информационного блока, с данными из которого ему впоследствии предстоит работать. Пользователю предлагаются следующие блоки:

- социальный (включает в себя информацию о населении, труде и занятости, уровне жизни, образовании, здравоохранении, правонарушениях);
- экономический (содержит сведения о промышленном производстве, сельском хозяйстве, транспорте и связи, торговле и услугах населению, финансах, внешнеэкономической деятельности);
- природный (данные о природных ресурсах и экологической обстановке).

В соответствии с блоками, база данных ИСА ГИС подразделена на три вышеперечисленных блока.

На втором этапе пользователь осуществляет выбор типа создаваемой карты, исходя из особенностей задачи, которую ему предстоит решить.

На третьем этапе пользователю необходимо выбрать тип локализации исходных данных. Разработанная ИСА ГИС предусматривает следующие варианты пространственной привязки данных:

- локализация данных по административным центрам (например, естественный прирост населения);
- локализация данных по административным районам (например, густота автомобильных дорог с твердым покрытием по районам данного региона);
- локализация данных по области в целом (например - показатели внешнеэкономической деятельности данного региона).

На четвертом этапе пользователю предстоит выбрать способ представления созданной им карты.

Картографическое отображение геопространственных данных и результатов пользовательских расчётов является одной из проблем при создании информационного обеспечения [48, 49, 50]. Авторы работ описывают формализацию картографического изображения в ГИС в несколько этапов. Первый этап характеризуется детальным анализом решаемых задач ГИС, целью которого является выявление всех качественных и количественных показателей. Следующий этап заключается в разбивке всех картографируемых объектов и процессов на отдельные группы или блоки в соответствии с определением содержания изображения. Затем решается вопрос о формах и способах визуализации картографируемых объектов, явлений, или показателей. На последнем этапе формализации процесса картографического изображения данных возникает проблема подхода к выбору формы изображения, которая заключается в отсутствии имеющихся в библиотеке форм картографирования со сложной топографической структурой [49].

Сущность картосоставления как в картографии, так и в геоинформационном картографировании является картографическое отображение или картографическая визуализация геопространственной информации в форме картографических изображений [13]. Так, А. П. Карпик в монографии [27] отмечает, что ряд функций ГИС реализованы в рамках программных обеспечений, а не «по их функциональной общности», что свидетельствует об отсутствии формализованного описания функции картографической визуализации. А. Ю. Матерук обосновывает актуальность автоматизации картографического отображения, связанную с тем фактом, что картографическое изображение состоит из связанных друг с другом условных обозначений, отражающих сложные геопространственные связи объектов [28]. Автор отмечает, что для проектирования цифрового картографического изображения существует множество вариантов и случаев, а это влечет сложность в формализации правил картографической визуализации, а значит сложность в их программировании. Поэтому ряд авторов в своих работах выделяют проблемы

больших временных затрат на картосоставительские работы, опирающиеся на труд исполнителя.

А. П. Карпик отмечает, что решение проблемы картографической визуализации возможно с разработки базы знаний и экспертных систем, которые должны содержать правила использования геоданных [27].

Похожий метод решения проблемы при автоматизации правил картографической визуализации есть в работах и других авторов – Natalia Andrienko, Gennady Andrienko [51, 52, 53]. В своих работах авторы отмечают о включении в программное обеспечение картографической экспертизы. Авторы подчеркивают, что для реализации экспертной системы требуется разработать типологию пространственных явлений и сформулировать принципы и правила представления различных видов объектов и явлений.

Вопрос формализации картографического знания обсуждался в США в 1993 г., о чем свидетельствует научный отчет о встрече специалистов [54]. На основании отчета можно сделать вывод, что в США на тот момент обсуждался вопрос о трудности перевода интуитивного понимания взаимосвязей между условными обозначениями и геопространственными объектами и явлениями. Правила отображения трудно сформулировать, а значит, и трудно поддаются формализации. При этом в отчете отмечается, что содержание топографических карт стандартизировано, в то время как содержание тематических карт напротив, отличаются разнообразием методов картографирования.

В части вопроса формализации картографических процессов для автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями необходимо отметить технологию Smart Mapping, реализованной в настольных и сервисных продуктах программного комплекса ArcGIS 10 [55]. К главным особенностям данной технологии следует отнести:

- упрощенный пользовательский интерфейс с инструментами Smart Mapping;
- ориентирование технологии к неподготовленным пользователям ГИС без специального образования в области картографии;

- возможность создания карт и геопространственного анализа неподготовленными пользователями в несколько шагов действий;
- автоматический анализ геоданных, получаемых от пользователя, с предоставлением оптимального способа картографического отображения [56];
- автоматизация процесса создания карт неподготовленными пользователями путем формализации правил построения и оформления карт [57];

Однако технология Smart Mapping в продуктах ESRI реализует функции оформления пространственной информации, не затрагивая автоматизированное получение данных и выполнение пространственных запросов. Также настройки Smart Mapping зачастую требует знания специфических картографических и геоинформационных терминов.

Для автоматизированного создания карт широкую популярность получило программное обеспечение Axrand (Axrand by Axes Systems). Программное обеспечение Axrand связывает ГИС-системы и графические приложения, чтобы уменьшить количество этапов при картосоставлении. Технология позволяет полностью автоматизировать производство карт. Более чем 80% генерализованных объектов не требуют дальнейшей обработки [58], вследствие чего необходимость для ручной обработки значительно сокращается. Процесс создания карты в программном обеспечении Axrand состоит из полностью автоматизированных компонентов: визуализация, автоматическая генерализация, автоматическая расстановка подписей.

Производство карт осуществляется в шесть шагов, три из которых полностью автоматизированы:

- интерактивный ввод данных;
- автоматический просмотр данных с помощью существующего каталога подписей;
- автоматическое построение изображения, автоматическое размещения подписей;

- интерактивная обработка остаточных конфликтов с применением картографических инструментов и функций обработки от Aхrand;
- интерактивное создание элементов дизайна карты;
- автоматическая «подача» данных карты в форме PDF или как данных растра или для мобильного устройства.

В национальном географическом институте Испании было разработано программное обеспечение, позволяющее автоматизировать картографическое производство путем формализации правил при издании карт. Программное обеспечение разработано для автоматического управления процессом создания карт внутри страны. Для реализации данной цели был создан систематический сборник основных правил отображения объектов и явлений при создании карт, позволяющий автоматизировать процедуру автоматического управления картографического издания [59].

В Чехии в 2010 г. была создана разработка открытого электронного атласа Южной Моравии [60]. Цель проекта состоит в том, чтобы создать картографическую среду публикации для представления результатов географических исследований в Южной области Моравии. Атлас спроектирован как картографический коммуникационный носитель между базой геоданных и ее пользователями. Открытость атласа основана на возможности проектировать новые темы, не повреждая графическую цельность всего атласа. Проектирование новой темы осуществляется посредством заполнения готовой электронной формы, которое позволяет классифицировать новую тему соответственно к разделам атласа, изоморфизму содержания и методу картографической визуализации. С точки зрения пользователя, атлас представляет собой комплекс полнофункциональных адаптируемых электронных карт, которые позволяют выполнять геопространственный анализ объектов местности неподготовленными пользователями.

Функциональность электронного атласа основана на следующих принципах:

- гладкое движение через диапазон шкалы 1:25.000 – 1: 1.000.000;
- возможность изменить метод визуализации, если тема подходит для этого;

- возможность определить уровень детали темы;
- возможность вставить новые методы визуализации;
- возможность вставить новые стили визуализации;
- сохранение топологической непротиворечивости атласа;
- доступность атласа через сеть Интернет.

Картографическая инфраструктура атласа составлена из трех главных частей:

- окружающая среда публикации;
- справочная основа;
- визуализация и схемы обобщения.

Основная часть структуры атласа – базы данных, которая представляет собой геоданные, символы, правила отображения. Ядро атласа - компилятор карты. Компилятор карты получает геоданные из базы данных и отображает их на основе правил в виде поверхности, а также позволяет выполнять картометрические, исследовательские и аналитические функции.

На основании анализа достижений по формализации картографических процессов в среде ГИС можно сделать вывод, что в настоящий момент ведутся активные работы по автоматизации геоинформационного картографирования. Однако эти процессы направлены к подготовленным пользователям, ГИС-аналитиков и картографов. На сегодняшний день существует практически мало разработок и методических основ, направленных к неподготовленным ГИС-пользователям. В таблице 1 приведена таблица с общим обзором достижений при автоматизации и формализации процессов создания карт (таблица 1).

Таблица 1 – Обзор достижений в области автоматизации и формализации картографических процессов

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспечение	Картографический процесс
СССР	70-80 гг.	Научно-исследовательский институт прикладной геодезии (НИИПГ) Д. В. Лисицкий, Ю. С. Обидин	Автоматизированная система крупномасштабного картографирования (АСК-1)	Полный цикл создания карты (для подготовленных пользователей)
	80-90 гг.	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии» Творческий коллектив под руководством профессора А. С. Васмута	Комплекс научных разработок в области формализации картографических процессов	Полный цикл создания карты (для подготовленных пользователей)
США	1993 г.	Buttenfield, Initiative Leader Department of Geography University of Colorado Barbara P.	Формализация картографического знания	Полный цикл создания карты (для подготовленных пользователей)

Продолжение таблицы 1

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспечение	Картографический процесс
Российская Федерация	1998 г.	ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия» А. Ю. Матерук	Разработка и исследование теоретических и технологических аспектов функционирования условных знаков в компьютерном картографическом отображении	Картографическое отображение (для подготовленных пользователей)
	2008 г.	ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» Т. Е. Самсонов	Алгоритм автоматизированного изображения рельефа способом штрихов крутизны	Картографическое отображение рельефа в среде ГИС (для подготовленных пользователей)
	2009 г.	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии» А. Г. Иванов, С. А. Крылов, А. В. Дворников, Л. В. Кудрявцев, В. С. Петров	Разработка методики автоматизированного отбора картографических объектов при создании цифровых картографических основ	Картографическая генерализация в среде ГИС (для подготовленных пользователей)

Продолжение таблицы 1

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспе- чение	Картографический процесс
Российская Федерация	2009 г.	ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» Т. Е. Самсонов	Мультимасштабные базы геоданных для электронных карта	Создание базы дан- ных в среде ГИС (для подготовлен- ных пользователей)
	2010 г.	ГОУ ВПО «СГГА» Творческий коллек- тив кафедры карто- графии и геоинфор- матики под руково- дством профессора Д. В. Лисицкого	Разработка методики создания инструмен- тальной справочно- аналитической гео- графической инфор- мационной системы на территорию социаль- но-экономических комплексов	Полный цикл соз- дания карты в среде ГИС (для подготовлен- ных и неподготов- ленных пользовате- лей)
	2011 г.	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геоде- зии и картографии» А. Г. Иванов, Г. И. Загребин	Разработка методики автоматизированного выбора картографиче- ской проекции при реализации мелко- масштабного карто- графирования	Проектирование математической ос- новы карты в среде ГИС (для подготовлен- ных пользователей)

Продолжение таблицы 1

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспе- чение	Картографический процесс
Российская Федерация	2012 г.	ФГБОУ ВО «Мос- ковский государст- венный университет геодезии и картогра- фии А. Г. Иванов, О. А. Булыгина	Автоматизация про- цессов выбора спосо- бов изображения кар- тографируемых объ- ектов и явлений	Проектирование содержания карты, способов изображе- ния и знаковой сис- темы в среде ГИС (для подготовлен- ных пользователей)
	2012 г.	ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» Т. Е. Самсонов, А. М. Кривошеина	Генерализация дорож- ной сети в мелких масштабах картогра- фирования с сохране- нием связности насе- ленных пунктов	Картографическая генерализация в среде ГИС (для подготовлен- ных пользователей)
	2013 г.	ФГБОУ ВО «Московский госу- дарственный универ- ситет имени М. В. Ломоносова» Т. Е. Самсонов, А. С. Подольский, Н. Д. Юрова	Преобразования спо- собов изображения и их соотношение с ие- рархией единиц карто- графирования	Картографическая генерализация и картографическое отображение в сре- де ГИС (для подготовлен- ных пользователей)

Продолжение таблицы 1

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспечение	Картографический процесс
Российская Федерация	2013 г.	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии» С. А. Крылов, А. В. Дворников, Г. И. Загребин	Разработка методики преобразования содержания картографической базы данных	Сбор, систематизация и анализ картографических источников в среде ГИС (для подготовленных пользователей)
	2014 г.	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии» С. А. Крылов, Г. И. Загребин	Разработка методики использования картографической базы данных для тематического картографирования	Сбор, систематизация и анализ картографических источников в среде ГИС (для подготовленных пользователей)
	2014 г.	ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» Т. Е. Самсонов	Алгоритм геометрического упрощения множества линий путем стягивания ребер графа с сохранением топологии	Картографическая генерализация в среде ГИС (для подготовленных пользователей)

Продолжение таблицы 1

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспечение	Картографический процесс
Российская Федерация	2014 г.	ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» Т. Е. Самсонов	Применение картограмм и картодиаграмм на мультимасштабных социально-экономических картах	Картографическое отображение в среде ГИС (для подготовленных пользователей)
	2015 г.	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии» А. В. Дворников, А. Н. Афанасьев, Г. И Загребин.	Апробирование методики автоматизированного качественного отбора населенных пунктов при автоматизированном мелкомасштабном картографировании на примере Тамбовской области	Картографическая генерализация в среде ГИС (для подготовленных пользователей)
	2015 г.	ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» Т. Е. Самсонов, А. М. Кривошеина	Автоматизация отбора населенных пунктов с учетом пространственной неравномерности их распределения для целей мелкомасштабного картографирования	Картографическая генерализация в среде ГИС (для подготовленных пользователей)

Продолжение таблицы 1

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспечение	Картографический процесс
Российская Федерация	2015	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии» Г. И Загребин.	Исследование по геопривязке картографического изображения в геоинформационной системе	Построение математической основы карты в среде ГИС (для подготовленных пользователей)
	2015 г.	ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии» С. А. Крылов, И. В. Плотников.	Формирование и редактирование таблиц отбора картографических объектов при создании общегеографических основ масштаба мельче 1:200 000	Картографическая генерализация в среде ГИС (для подготовленных пользователей)
	2016 г.	ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» Т. Е. Самсонов	Картографические методы визуализации и генерализации цифровых моделей рельефа	Картографическое отображение в среде ГИС (для подготовленных пользователей)

Продолжение таблицы 1

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспечение	Картографический процесс
Германия	2010 г.	Aхранд Axes Systems	– автоматическая генерализация карт, – автоматическое построение сетки, – автоматическое	Полный цикл создания карты в среде ГИС (для подготовленных пользователей)
Чехия	2010 г.	Masaryk University in Brno Friedmannová Lucie, Konecny Milan, Stanek Karel	Open Regional Internet Atlas Of South Moravia	Полный цикл создания карты в среде ГИС (для неподготовленных пользователей)
Польша	2010 г.	Department of Cartography Faculty of Geography and Regional Studies University of Warsaw	Open regional Internet atlas of south Moravia	Полный цикл создания карты (для неподготовленных пользователей)
США	2015 г.	ESRI GIS	Smart Mapping	Картографическое отображение и оформление карт (для неподготовленных пользователей)

Окончание таблицы 1

Страна	Годы	Организация Автор	Методика/ Программное обеспечение	Картографический процесс
Франция	2016 г.	Universite Paris-Est, Universite de Toulouse S. Christophe	Map Style Formalization: Rendering Techniques Extension for Cartography	Проектирование оформления карты, картографическое отображение (для подготовленных пользователей)

Таким образом, в настоящий момент существуют методологические основы, позволяющие выполнять формализацию картографических процессов. Поэтому в рамках темы исследования, выполним анализ основных картографических процессов с позиции формализации в базовых функциях инструментальных ГИС.

1.3 Анализ общих картографических процессов в среде ГИС

В современных условиях глобализации возможность создания любого картографического изображения стала доступной любому пользователю. Об этом свидетельствует появление мобильных геоинформационных приложений, геоинформационных web-платформ и облачных ГИС-технологий. Таким образом, в картографии существует ряд проблем. Одной из них является предоставление условий для создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями.

ГИС является мощным инструментом визуализации геопространственной информации. Считается, что картография и ГИС прошли все этапы развития образно-знаковых систем и взяли новый виток, который заключается в возврате к меньшей степени абстракции в знаках [62]. В процессе визуализации пространст-

венной информации в ГИС существует выбор отображения формы объектов, процессов и явлений. Выбор отображения картографической информации диктуется требованиями пользователями ГИС согласно их целям, задачам и техническим возможностям. Способы создания картографического изображения в ГИС разнообразны, многочисленны и слабо формализуемы, поэтому сложно поддаются программированию [28]. Для того чтобы применение компьютеров стало эффективнее, требуется проведение формализации картографических процессов, выделение типов, групп [63]. При таком требовании можно получить единый подход при проектировании карт.

Формализация является одним из этапов создания экспертной системы. Известно, что главным компонентом экспертной системы является база знаний, которая содержит формализованные представления о предметной области [64]. Поэтому выполним анализ общих картографических процессов с позиции формализации.

ГИС разрабатывалась не с позиции картографической методологии. Создание, внедрение и эксплуатация ГИС велись в рамках ведения земельного кадастра и в качестве расширенной базы геоданных с функциями визуализации и геопространственного анализа.

На примере распространенных инструментальных ГИС выполним анализ общих картографических процессов в виде базовых функций ГИС, таких как ArcGIS, MapInfo, ГИС Карта–2011, QGIS.

Процесс проектирования карты с точки зрения картографической методологии в перечисленных ГИС отсутствует. Проектирование карты – это отдельный технологический этап при создании карт и является частью редакционно-подготовительных работ, пронизывающий все картографические процессы. В среде ГИС процесс проектирования карты частично заложен в процессе проектирования самой ГИС, так как карта – это одна из форм отображения результатов геопространственного анализа в ГИС. Однако проектирование ГИС является компетенцией проектировщиков. Поэтому с целью автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями, использующих ГИС как инструмента

по созданию карт и геопространственного анализа, требуется разработать алгоритм проектирования карты неподготовленными пользователями;

Процессы сбора геоданных об объектах и явлениях являются прерогативой составителя карты, или пользователя ГИС, требующего опыта в составлении карт, а также опыта в поиске и использовании источников и цифровой информации. Поэтому данный процесс требует формализации для автоматизированного сбора имеющихся в открытом доступе геоданных и статистических данных неподготовленными пользователями.

– технологический процесс создания цифровой карты условно сопоставимы с тремя картографическими процессами:

- построение геодезической и математической основы карты;
- составление общегеографического содержания карты;
- составление тематического содержания карты.

Являясь сложными комплексными картографическими процессами, требующими знаний специфических знаний в картографии, данные процессы нуждаются в исследовании;

Создание карт может осуществляться в среде ГИС путем геопространственного анализа. Однако ГИС, являясь мощным инструментом по геопространственному анализу со сложным функциональным интерфейсом, требует от пользователя понимания, знаний и опыта в данном вопросе. Для автоматизированного геопространственного анализа в среде ГИС неподготовленными пользователями требуется выполнить исследование и разработать типовые запросы пользователя на основе имеющихся семантических характеристик геоданных.

Процесс картографической визуализации в среде ГИС сопоставимы с отображением объектов и явлений общегеографического и тематического содержания карт в зависимости от решаемых задач пользователя в ГИС. Для понимания принципов картографического отображения объектов и требуется сформировать типовые запросы для автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями.

Таким образом, в среде ГИС существуют картографические процессы, требующие формализации для автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями в среде ГИС. Перед созданием формализованного описания картографических процессов требуется выполнить их исследование.

1.4 Выводы по первому разделу

На основании обзора, изучения и анализа состояния и достижений формализации картографических процессов на базе ЭВМ и в среде ГИС выяснено, что на сегодняшний день существуют предпосылки для автоматизации картографических процессов при создании карт неподготовленными пользователями. Существуют разработки и методологические основы по формализации картографических процессов с целью их автоматизации, ориентированные на подготовленных пользователей ГИС.

На основе анализа достижений в области автоматизации при картосоставлении отечественными и зарубежными учеными, а также анализа картографических процессов с позиции формализации были сделаны выводы, что в среде ГИС существуют картографические процессы, требующие формализации с целью автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями:

- проектирование карт;
- сбор геоданных;
- картографическое отображение;
- геопространственный анализ.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ В СРЕДЕ ГИС

2.1 Исследование процесса проектирования карты в среде ГИС

Сущность и структура цифровой карты. Цифровая карта является динамическим объектом, и её формирование происходит в результате визуализации геоданных по запросам пользователей (Рисунок 1) [3, 4, 5, 7].

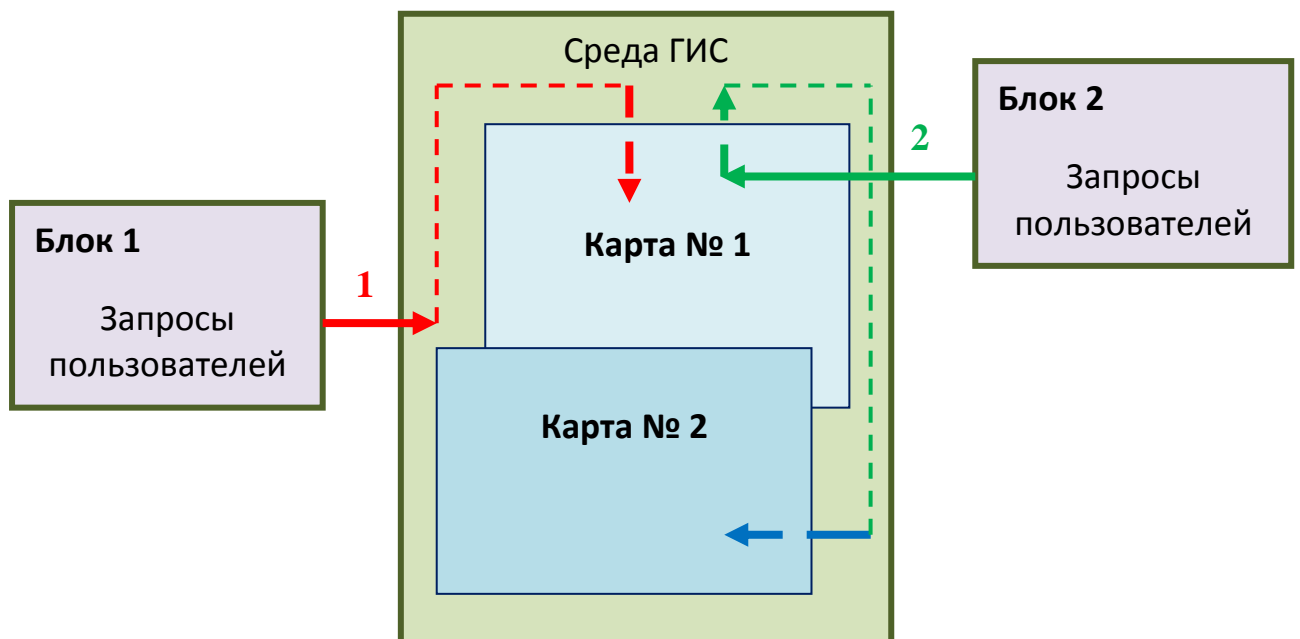


Рисунок 1 – Сущность цифровых карт

Из рисунка 1 видно что, при создании цифровой карты участвуют два блока «Запросы пользователей» (Блок 1, Блок 2), которые являются внешними по отношению к среде ГИС. В Блоке 1 формируются запросы пользователей к среде ГИС, после чего происходит отображение карты. В Блоке 2 запросы пользователей обращены к созданной цифровой карте, в которой происходит обработка запросов, и в результате формируется новая цифровая карта.

Основываясь на сущности цифровой карты, охарактеризуем Блок 1 «Запросы пользователей» как интерфейс пользователей по автоматизированному созда-

нию цифровых карт, Блок 2 – как интерфейс пользователей по автоматизированному геопространственному анализу в созданной цифровой карте.

Исходя из определения карты в картографической методологии [23], представим сущность цифровой карты в виде множества

$$K_i = \{(M), (Sb), (Z)\}, \quad (1)$$

где M – математическая основа карты;

Sb – сбор геоданных;

Z – процесс картографического отображения.

Формирование математической основы цифровой карты состоит из следующих процессов [31]

$$M = \{Ma, Ck, Kp\}, \quad (2)$$

где Ma – определение масштаба карты;

Ck – определение системы координат;

Kp – определение картографической проекции.

В условиях компьютерного картографирования масштаб цифровой карты может быть любым, так как в инструментальных ГИС осуществляется мультимасштабное картографирование.

Определение системы координат и картографической проекции (Ck , Pr) принадлежат группе функций ГИС по получению из баз данных геокодированных данных и их преобразованию, но данные процессы выполняются пользователями при создании карт в среде ГИС вручную.

При создании карт неподготовленными пользователями используются единые государственные системы координат [64]:

– геодезическая система координат 2011 г. (ГСК–2011) - для использования при осуществлении геодезических и картографических работ;

– общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990г.» (ПЗ–90.11) - для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

Введение и использование ГСК–2011 обусловлено тем фактом, что система координат СК–42 имеет низкую точность, а также погрешности координат пунктов ГГС. Соответственно, образованные на её основе С–63 и МСК–NN также имеют погрешности и не позволяют эффективное использование ГЛОНАСС в системе геодезического обеспечения [65]. Главным мероприятием модернизации местных систем координат (МСК) является разработка технологий перевода материалов, созданных в МСК, в ГСК–2011.

Формирование математической проекции цифровой карты осуществляется автоматически. Однако определение математической основы осуществляется пользователем самостоятельно.

Топографические планы строятся в проекции Гаусса–Крюгера, однако пользователь может выбрать проекцию по своему усмотрению. В настоящий момент на территорию Российской Федерации, соседних государств и мира существует библиотека с рекомендуемыми проекциями на ту или иную административно-территориальную единицу, в зависимости от выбранных факторов [66, 67]. В таблице 2 приведены некоторые проекции, рекомендуемые к использованию для картографирования субъектов Российской Федерации.

Таблица 2– Картографические проекции по территориальному охвату для субъектов Российской Федерации

Субъект Российской Федерации	Наименование проекции
Протяженность $\leq 9^\circ$	Равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса–Крюгера
Протяженность $> 9^\circ$	Поперечная цилиндрическая равноугольная проекция Меркатора

Продолжение таблицы 2

Субъект Российской Федерации	Наименование проекции
Протяженность $\leq 9^\circ$	Равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса–Крюгера
Протяженность $>9^\circ$	Поперечная цилиндрическая равноугольная проекция Меркатора; Равноугольная коническая проекция Ламберта
<p>Небольшие физико-географические районы РФ:</p> <p>Северный район</p> <p>Северо-Западный район</p> <p>Центральный район</p> <p>Волго-Вятский район</p> <p>Поволжский район</p> <p>Северо-Кавказский район</p> <p>Уральский район</p> <p>Западно-Сибирский район, кроме Тюменской области</p> <p>- Тюменская область</p>	<p>Прямая равноугольная коническая проекция Ламберта–Гаусса</p> <p>Прямая равноугольная коническая проекция Ламберта–Гаусса</p> <p>Поперечная цилиндрическая равноугольная Меркатора</p> <p>Прямая равноугольная проекция</p> <p>Коническая проекция Ламберта –Гаусса</p> <p>Поперечная цилиндрическая проекция</p> <p>Равноугольная проекция Меркатора</p>

Окончание таблицы 2

Субъект Российской Федерации	Наименование проекции
<p>Восточно-Сибирский район: - Красноярский край</p> <p>Дальневосточный район: Саха (Якутия)</p> <p>Чукотский Автономный округ</p> <p>Крупный регион РФ:</p>	<p>Поперечная цилиндрическая проекция Равноугольная проекция Меркатора</p> <p>Поперечная цилиндрическая проекция</p> <p>Косая азимутальная проекция Равнопромежуточная проекция Постеля</p> <p>Косая цилиндрическая проекция</p>
<p>Дальний Восток;</p> <p>Западная Сибирь;</p>	<p>Равнопромежуточная проекция Дальнего Востока</p> <p>Косая азимутальная проекция Равнопромежуточная проекция Постеля</p>
<p>Европейская часть РФ</p>	<p>Косая с овальными изоколами проекция ЦНИИГАиК, Прямая коническая равнопромежуточная проекция Каврайского</p>

Для субъектов Российской Федерации «по умолчанию может использоваться прямая равноугольная коническая проекция Ламберта – Гаусса. Исключениями являются: Тюменская область, Красноярский край. Для Дальневосточного региона рекомендуется косая цилиндрическая равнопромежуточная проекция Дальнего

Востока. Исключением является республика Саха, для которой рекомендуют использовать косую азимутальную равнопромежуточную проекцию Постеля [67].

Сбор геоданных (Sb) осуществляется функциональным блоком ГИС по сбору геоданных. Цифровая карта может формироваться на основе векторных и статистических геоданных об объектах и явлениях

$$Sb = (Vd, St), \quad (3)$$

где Sb – сбор геоданных;

Vd – векторные геоданные;

St – статистические данные.

На основе векторных геоданных формируются следующие элементы общегеографической карты

$$Ok = \{Np, S, P, Gi, Pol\}, \quad (4)$$

где Ok – общегеографическая карта;

Np – населенные пункты;

S – социально-экономические объекты;

P – пути сообщения и линии связи;

Gi – гидрография;

Pol – политико-административные границы.

На основе статистических данных формируется тематическое содержание карты. Содержание карты отображается традиционными картографическими способами изображения.

Таким образом, процесс картографического отображения может быть представлен множеством способов изображений

$$Z = \{Zn, L, Ar, Kd, Kg, I, Ka, Ko, D, T, Ld\}, \quad (5)$$

где Z – процесс картографического отображения;

Zn – способ локализованных значков;

L – способ линейных знаков;

Ar – способ ареалов;

Kd – способ картодиаграммы;

Kg – способ картограммы;

I – способ изолинейных знаков;

Ka – способ качественного фона;

Ko – способ количественного фона;

D – способ знаков движения;

T – точечный способ;

Ld – способ локализованных диаграмм.

В результате анализа сущности и структуры цифровых карт можно сделать вывод, что для проектирования карт в среде ГИС неподготовленными пользователями требуется выявить такой порядок действий, выполнение которого обеспечивало бы автоматизированный процесс проектирования карт. С этой целью вторым этапом исследования выполнен анализ этапов проектирования карты с позиции геоинформационного картографирования.

Анализ этапов процесса проектирования карты. Для анализа необходимо рассмотреть этапы проектирования карты с точки зрения их выполнения базовыми функциями ГИС в качестве категорий картографирования. Цель анализа – найти оптимальные категории проектирования карты, позволяющие запустить функции инструментальных средств ГИС по сбору геоданных и картографической визуализации геоданных, а также позволяющие неподготовленному пользователю обойти специфические вопросы картографии, связанные с проектированием карт.

Традиционные этапы проектирования карты [68]:

- выяснение целевого назначения карты;
- определение объекта картографирования;
- определение темы карты;
- проектирование математической основы карты;

- проектирование содержания карты;
- проектирование способов изображения и выработка состава условных знаков;

Выяснение целевого назначения карты. На определение целевого назначения карты влияет ряд требований к карте, известных из картографической методологии, и выбор которых влияет на последующие этапы проектирования. По этой причине в рамках темы диссертации выяснение целевого назначения карты в качестве категории картографирования при проектировании карты неподготовленными пользователями не будет рассматриваться.

Определение темы карты. Так как выбор темы карты позволяет в значительной мере определить элементы её содержания, то данный этап можно применить в качестве категории картографирования неподготовленными пользователями. Для неподготовленных пользователей требуется разработать понятную типизацию возможной темы карты. В картографии существует строгая научная классификация карт по тематическим признакам [23]. Рассмотрим классификацию тематических карт, предложенную К. А. Салищевым (рисунок 2). В классификации К. А. Салищева тематические карты подразделены на две группы – карты общественных явлений и карты природных явлений.

А. М. Берлянт отмечает, что содержание карты определяется конкретной темой. По его мнению, основной принцип классификации является соответствие наук о Земле (рисунок 3).

Тематические карты в классификации, предложенной Л. А. Фокиной подразделены на три группы – карты природно-территориальных комплексов, карты территориально-производственных комплексов и специальные карты (рисунок 4).



Рисунок 2– Классификация тематических карт по К. А. Салищеву

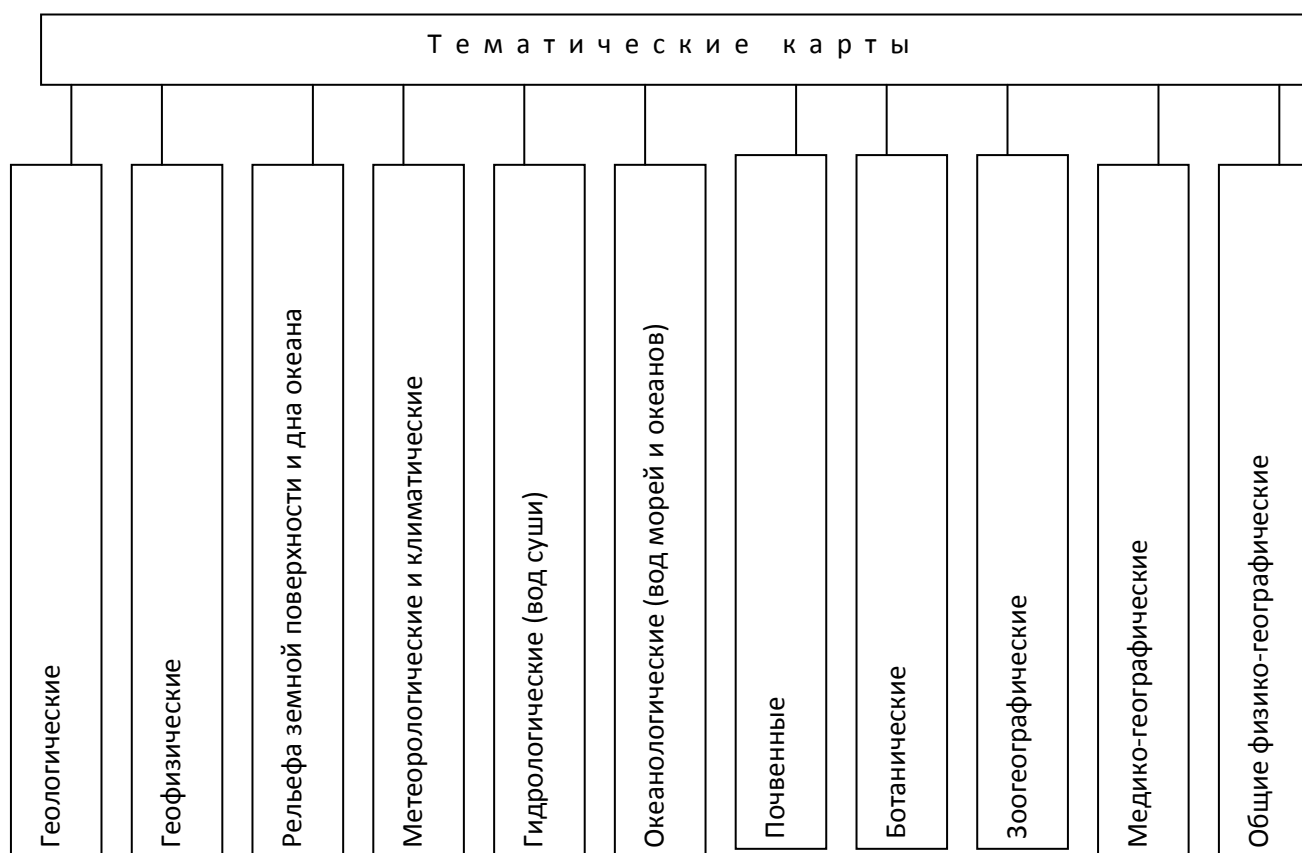


Рисунок 3 – Классификация карт природы по А. М. Берлянту

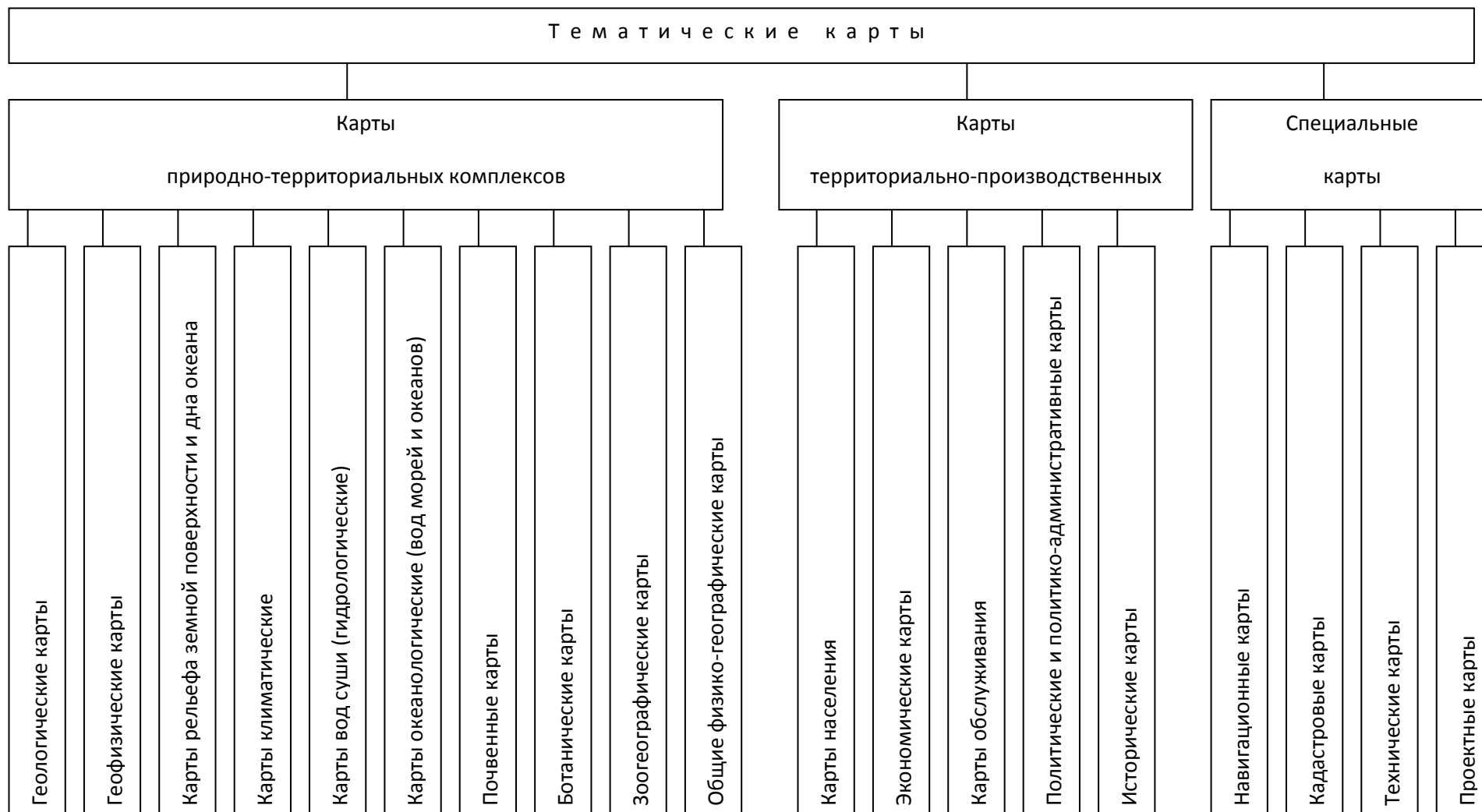


Рисунок 4– Классификация тематических карт, предложенная Л. А. Фокиной

Поскольку выбор темы карты проектируется для широкого круга пользователей, предлагаются следующие названия тем карты, а именно: «Экономика», «Социум», «Природа». Названия тем карт совпадают с терминологией, общепринятой в России для совокупного наименования основных сфер жизнедеятельности человеческого общества. Благодаря этому, у неподготовленных пользователей ГИС не возникнет затруднений с четким отнесением поставленной перед ним задачи к выбору той или иной темы карты. Общая схема выбора темы картографирования предложена на рисунке 5.

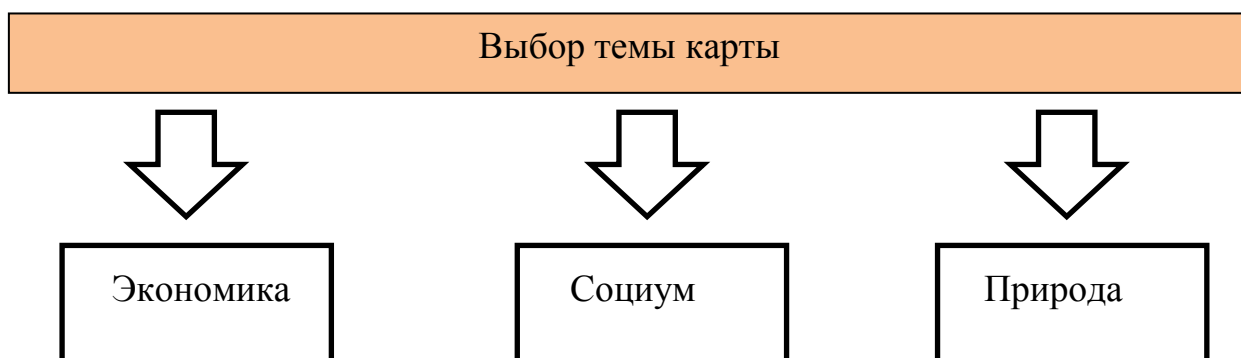


Рисунок 5 – Общая схема выбора темы карт в среде ГИС неподготовленными пользователями

Проектирование математической основы карты. Так как одной из задач диссертационного исследования является возможность обеспечения создания карт неподготовленными пользователями в среде ГИС, не сталкиваясь со специфическими понятиями картографии, то данный этап должен осуществляться автоматически. Определение системы координат и картографической проекции принадлежат группе функций по получению из баз данных геокодированных данных и их преобразованию, и зависит от групп факторов, известных в картографической методологии. В рамках темы исследования фактором, влияющим на выбор и построение математической основы карты, выбран фактор, характеризующий объект картографирования. На основе анализа сущности цифровой карты в рамках темы исследования предлагается использовать административно - территориальные единицы для субъектов Российской Федерации в качестве объекта картографирования

Проектирование содержания карты. Содержание карты зависит от многих факторов и, прежде всего, от целевого назначения и темы проектируемой карты. В рамках темы исследования целевое назначение карт не рассматривается в качестве категории проектирования карты. Определение содержания карты является одним из характерным этапом проектирования карты в картографической методологии создания карт и в большей мере зависит от используемых геоданных, а также от принятых способов изображений.

Проектирование способов изображения. На проектирование способов изображений влияет ряд факторов, таких как: тема карты, сущность картографируемых явлений, структура объекта, степень его локализации, характер размещения на территории, наличие геоданных об объектах и явлениях. Формирование способов изображения входит в базовую функцию инструментальной ГИС - в картографическую визуализацию геоданных.

Принципы проектирования карт неподготовленными пользователями. На основе анализа этапов процесса проектирования карт с точки зрения их выполнения базовыми функциями ГИС в качестве категорий картографирования было определено, что от категории территории картографирования зависит построение математической основы цифровой карты, а также сбор геоданных. Поэтому для обеспечения автоматизированного построения математической основы карты неподготовленными пользователями требуется наличие на картографируемую территорию открытых ключей перехода из одной системы координат в другую, а также использования библиотеки рекомендуемых картографических проекций для субъектов Российской Федерации.

Результаты анализа проектирования карты в картографической методологии показали, что от категории темы карты зависит её содержание, то есть для обеспечения автоматизированного процесса создания карты пользователем также требуется наличие доступных геоданных в соответствии с выбранной пользователем темы карты.

На основании исследования процесса проектирования карты в среде ГИС неподготовленными пользователями были сформулированы следующие принципы автоматизированного процесса проектирования карт:

- проектирование карты в среде ГИС неподготовленными пользователями происходит с использованием инструментальных программных средств ГИС;
- порядок проектирования карты в среде ГИС неподготовленными пользователями должен содержать набор категорий картографирования, позволяющий неподготовленному пользователю проектировать карту, не сталкиваясь со специфическими вопросами картографии;
- проектирование карты требует наличия открытых ключей перехода из одной системы координат в другую и использование существующих библиотек с рекомендуемыми проекциями.

Таким образом, выяснено, что для обеспечения возможности пользователю неподготовленному пользователю автоматизировано создавать карту, требуется обеспечить автоматизированный сбор геоданных. Поэтому следующим шагом будет исследование процесса сбора геоданных неподготовленными пользователями.

2.2 Исследование процесса сбора геоданных для создания карт в среде ГИС

В настоящее время существует огромный массив геопространственных и статистических данных об объектах и явлениях местности в открытом доступе. Это векторные, растровые и статистические данные, доступные через некоммерческие веб-картографические проекты, публикуемые в информационно-статистических системах, а также доступные через глобальные системы визуализации геоизображений космических съемок [71, 72]. В рамках темы исследования предлагается использовать доступные геоданные для автоматизированного создания цифровых карт неподготовленными пользователями.

Исходя из того что векторные геоданные активно используются для представления объектов геопространства посредством точек, линий и площадей, нуж-

но обеспечить автоматический поиск и отображение требуемого объекта геопространства посредством налаженного доступа к геоданным посредством среды ГИС при автоматизированном создании неподготовленными пользователями цифровых карт. Кроме того, требуется обеспечить, чтобы геоданные отображались в последовательности: площадные объекты - линейные - точечные. Это делается с целью сохранения топологических отношений объектов местности.

Растровые данные мультиспектральных космических снимков с различным пространственным разрешением и спектральным диапазоном используются для отображения объектов геопространства, а также их использование особенно актуально при мониторинге окружающей среды. Большой популярностью пользуется геоданные, полученные со спутников Landsat, и хранящиеся в архивах USGS. Популярность обусловлена отсутствием в ограничении использования геоданных, загруженных с USGSEROS, а также использованием и перераспределением по запросу пользователя.

На сегодняшний день существует ряд открытых официальных статистических служб, ведущих учет показателей и явлений. Открытые данные публикуются как на отдельные субъекты Российской Федерации, так и на регионы или целого государства.

Таким образом, существуют условия для создания собственных цифровых карт неподготовленными пользователями. Для этого требуется в среде ГИС наладить автоматический поиск и формирование требуемых данных об объектах и явлениях путем формализации выбора геопространственных данных, который зависит от предложенных категорий картографирования.

Сбор геоданных в типовых инструментальных ГИС осуществляется функциональной группой, обеспечивающей непосредственное получение геоданных картографическим методом либо отбором из отраслевых баз данных нужной для формирования моделей и решения задач геоинформации. Пространственное определение отраслевых данных выполняется как координатным методом, так и привязкой к контурам топографической или географической карты.

Исходя из того что процесс сбора геоданных является длительным и трудоемким этапом подготовки картографической, статистической информации, требующей классификации объектов и категорий явлений, то разработка таблиц по сбору геоданных носят сугубо индивидуальный характер в каждой теме карты ввиду разнообразия явлений окружающего геопространства.

В качестве примера и в рамках темы исследования автоматический сбор геоданных осуществляется для доступных тематических показателей регионального масштаба. Приведен пример таблицы для автоматической функции ГИС по сбору геоданных (таблица 3). Таблица содержит информацию о незавершенном строительстве по областям Российской Федерации.

Таблица 3 – Пример таблицы свойств объектов для автоматического сбора геоданных в ГИС по запросу «Незавершенное строительство (значение показателя за год)»

Область	2006	2007	2008	2009
Белгородская (руб.)	2667	2596	2339	2013
Брянская (руб.)	3634	3010	2961	2790
Владимировская (руб.)	2155	2049	2609	1738
Воронежская (руб.)	4580	4533	4589	4171

В результате исследования процесса сбора геоданных неподготовленными пользователями сформулируем следующие принципы автоматизированного сбора геоданных:

- сбор геоданных неподготовленными пользователями зависит от категорий картографирования при проектировании карты в среде ГИС;
- автоматизированный сбор геоданных зависит от наличия геоданных в открытом доступе и в необходимом формате для использования в среде ГИС;

– результат автоматического сбора геоданных – это заполненная таблица об объектах и явлениях.

2.3 Исследование процесса отображения геоданных в среде ГИС

Результатом процесса отображения геоданных в среде ГИС является формирование знаковой системы. Выполним формализованное описание сущности каждого способа изображения [69].

Сущности способов изображения представлены в следующих формулах

$$Z_n = f(K, S, C_k, R_k, M), \quad (6)$$

где Z_n – способ локализованных значков;

K – координата объекта, пункта;

C_k – множество качественных характеристик объекта;

R_k – множество количественных характеристик;

S – структура объекта, явления;

M – масштаб карты.

$$L = f(N_k, C_k, R_k, M), \quad (7)$$

где L – способ линейных знаков;

N_k – набор координат, причем $N_1 \neq N_n$;

C_k – качественные и количественные характеристики объекта;

M – масштаб карты.

$$A_r = f(N_k, C_k, M), \quad (8)$$

где A_r – способ ареалов;

A – множество площадных объектов и явлений сплошного распространения;
 Nk – набор координат явления, причем $N1 = Nn$;
 Ck – качественные характеристики объекта;
 M – масштаб карты.

$$Kd = f(A, B, E), \quad (9)$$

где Kd – способ картодиаграммы;

A – множество абсолютных статистических показателей явления;
 B – структуры явления;
 E – множество территориальных единиц.

$$Kg = f(I, E), \quad (10)$$

где Kg – способ картограммы;

I – множество относительных статистических показателей;
 E – множество единиц административного деления.

$$I = f((Tk, Xk); j), \quad (11)$$

где I – способ изолинейных знаков;

Tk – точка наблюдения объекта, явления;
 Xk – значения картографируемого показателя;
 j – интервал сечения между изолиниями.

$$Ka = f(A, Ck, E), \quad (12)$$

где Ka – способ качественного фона;

A – множество явлений сплошного распространения;

Ck – множество качественных характеристик явления;

E – множество районов распространения явления.

$$Ko = f(A, Rk, E), \quad (13)$$

где Ko – способ количественного фона;

A – явление сплошного распространения;

Rk – множество количественных характеристик;

E – множество единиц территориального деления.

$$D = (A, S, Ck, Rk), \quad (14)$$

где D – способ знаков движения;

A – множество пространственных перемещающихся явлений;

S – структура явления;

Ck – качественные характеристики явления;

Rk – количественные характеристики явления.

$$T = f(Xn, An, Ck), \quad (15)$$

где T – точечный способ;

Xn – множество точек, составляющих явление;

An – число единиц объектов в каждой точке;

Ck – множество качественных характеристик явления.

$$Ld = f(A, Ck, Rk, Tn), \quad (16)$$

где Ld – способ локализованных диаграмм;

A – явление сплошного и линейного распространения;

Ck – множество качественных характеристик явления;

Rk – множество количественных характеристик явления;

Tn – множество точек наблюдения явлений.

На основе формализованного описания сущностей способов изображения выполним группировки способов по типу характеристик геоданных (таблица 4) и типу локализации объектов (таблица 5).

Таблица 4 – Группировки способов изображений по типу характеристик данных

Тип характеристики данных	
Количественные характеристики	Качественные характеристики
способ локализованных значков	способ локализованных значков
способ линейных знаков	способ линейных знаков
способ изолиний	способ качественного фона
способ количественного фона	способ ареалов
способ локализованных диаграмм	способ локализованных диаграмм
способ знаков движения	способ знаков движения
способ картодиаграммы	способ ареалов
способ картограммы	способ картодиаграммы

Из таблиц 4, 5 видно, что группировка способов не показывает однозначного применения того или иного способа изображения в зависимости от типа характеристик и типа локализации объектов. Поэтому необходимо сгруппировать способы изображения по типу локализации явлений в пространстве (таблица 6).

Таблица 5 – Группировки способов изображений по типу характеристик данных и по типу локализации объектов

Тип характеристики данных					
Количественная			Качественная		
Тип локализации объектов					
Точечный	Линейный	Площадной	Точечный	Линейный	Площадной
способ локализованных значков	способ линейных знаков	способ количественного фона	способ локализованных значков	способ линейных знаков	способ качественного фона
способ локализованных диаграмм		способ картограммы			
способ картодиаграммы					

Из таблицы 6 можно сформулировать вывод о том, что представленные группировки не отражают однозначное использование того или иного способа изображения для визуализации геоданных. Так, по числовому типу характеристики к явлениям сплошного распространения соотнеслись способы количественного способа, изолиний, картодиаграммы, картограммы и локализованных диаграмм. Таким образом, на основе анализа группировок способов изображений по типу характеристик данных, типу локализации условных знаков и типу локализации явлений в пространстве можно сделать вывод, что требуется другой способ группировки картографируемых явлений. Очевидно, что формализацию способов изображения неподготовленными пользователями можно выполнить путем разработки типовых запросов пользователей об объектах и явлениях.

Таблица 6 – Группировка способов изображения по типу характеристики данных, типу локализации объектов и типу локализации явлений в пространстве

Тип характеристики данных					
Количественная			Качественная		
Тип локализации объектов			Тип локализации объектов		
Точечный	Линейный	Площадной	Точечный	Линейный	Площадной
способ локализованных значков	способ знаков движения	способ количественного фона	способ локализованных значков	способ знаков движения	способ качественного фона
точечный способ	способ линейных знаков	способ изолиний		способ линейных знаков	способ ареалов
способ локализованных диаграмм		способ картограммы			
способ картодиаграммы					

Продолжение таблицы 6

Тип характеристики данных							
Количественная				Качественная			
Тип локализации объектов				Тип локализации объектов			
Точечный	Линейный	Площадной		Точечный	Линейный	Площадной	
Тип локализации явлений в пространстве				Тип локализации явлений в пространстве			
В пункте	Линейное распространение	Сплошное распространение	Распределенное	В пункте	Линейное распространение	Сплошное распространение	Распределенное
способ локализованных значков	способ линейных знаков	способ количественного фона	точечный способ	способ локализованных значков	способ линейных знаков	способ качественного фона	точечный способ
	способ знаков движения	способ изолиний			способ знаков движения	способ ареалов	
		способ картодиаграммы					

Окончание таблицы 6

Тип характеристики данных							
Количественная				Качественная			
Тип локализации объектов				Тип локализации объектов			
Точечный	Линейный	Площадной		Точечный	Линейный	Площадной	
Тип локализации явлений в пространстве				Тип локализации явлений в пространстве			
В пункте	Линейное распространение	Сплошное распространение	Рассредоточенное	В пункте	Линейное распространение	Сплошное распространение	Рассредоточенное
		способ картограммы					
		способ локализованных диаграмм					

Процессу отображения геоданных с точки зрения картографической методологии предшествует длительный и трудоемкий этап подготовки картографической, статистической информации, классификации объектов картографирования, разработка категорий явлений. Поэтому формализация процесса отображения картографируемых объектов и явлений носит сугубо индивидуальный характер в каждой теме карты ввиду разнообразия явлений окружающего геопространства. По этой причине предлагается в каждой теме карты формулировать типовые запросы на основе доступных тематических показателей в базах данных [70].

Для формирования условных знаков существуют формализованные правила картографического изображения:

- способ картограммы используется для показа относительных статистических показателей по единицам административно-территориального деления;
- способ картодиаграммы используется для изображения абсолютных статистических показателей по единицам административно-территориального деления с помощью диаграммных знаков;
- способ изолиний применяется для изображения непрерывных, плавно изменяющихся явлений, образующих физические поля;
- способ линейных знаков используется для изображения реальных или абстрактных объектов, локализованных на линиях;
- способ значков применяется для показа объектов, локализованных в пунктах и обычно не выражающихся в масштабе карты;
- способ ареалов состоит в выделении на карте области распространения какого-либо сплошного или рассредоточенного явления.

Формирование условных знаков по способам изображения при создании карт неподготовленными пользователями в среде ГИС должно осуществляться автоматически.

Таким образом, на основании исследования процесса отображения геоданных неподготовленными пользователями сформулируем следующие принципы автоматизированного картографического отображения геоданных:

- картографическое отображение геоданных неподготовленными пользователями зависит от выбранных категорий картографирования при проектировании карты в среде ГИС неподготовленными пользователями;
- автоматическое отображение геоданных неподготовленными пользователями в среде ГИС должно основываться на выборе доступных тематических показателей.

2.4 Исследование процесса геопространственного анализа в среде ГИС

Ввиду того, что картографическое изображение цифровой карты может быть создано путем геопространственного анализа геоданных, неподготовленным пользователям необходимо предоставить возможность самостоятельно анализировать полученную цифровую карту. Для решения поставленного вопроса требуется разработать типовые запросы пользователей на примере наиболее распространенных типовых геопространственных задач. Разработка типовых запросов происходит в несколько этапов:

- дифференциация объектов по типу их локализации в геопространстве;
- создание всех возможных группировок объектов по типу локализации (только точечные, только линейные, только площадные, точечные и линейные, точечные и площадные, линейные и площадные);
- определение типов возможных геопространственных задач по каждой группе объектов;
- определение типов запросов пользователя по каждому типу геопространственной задачи в соответствии с инструментарием ГИС.

Дифференциация объектов по типу их локализации в геопространстве.

Традиционно объекты геопространства подразделяют на точечные, линейные, площадные объекты. Поэтому можно составить следующие пары взаимодействия объектов:

только точечные;

только линейные;
 только площадные;
 точеные и линейные;
 линейные и площадные;
 точеные и площадные.

На основе данных группировок и типовых геопространственных задач составлены таблицы возможных запросов пользователя (таблицы 7, 8, 9, 10, 11, 12).

Таблица 7 – Типовые запросы пользователя по геопространственному анализу точечных объектов в цифровой карте

Локализация объектов	
Точечные (T1, T2, ... Tn), где 1, 2, ... n – атрибутивные данные	
Запрос пользователя	Тип задачи
Вычислить расстояние между объектами T1 и T2	Вычисление характеристик объектов
Анализировать распределение объектов T1, T2, ... Tn	Определение пространственных отношений объектов
Найти объекты, принадлежащие объектам T и Tn	Выполнение булевых операций над объектами
Найти объекты, принадлежащие объекту T	
Найти объекты, не принадлежащие объекту T	
Построить зону вокруг объекта Tn	Построение буферных зон вокруг объектов

Таблица 8 – Типовые запросы пользователя по геопространственному анализу линейных объектов в цифровой карте

Локализация объектов	
Линейные (L_1, L_2, \dots, L_n), где $1, 2, \dots, n$ – атрибутивные данные	
Запрос пользователя	Тип задачи
Вычислить длину объекта L_n	Вычисление характеристик объектов
Вычислить расстояние между объектами L_1 и L_2	
Найти объекты L , содержащие L_n	Определение пространственных отношений объектов
Найти объекты L , пересекающие L_n	
Найти объекты L , примыкающие к объектам L_n	
Что будет, если объект L будет содержать объект L_n	
Что будет, если объект L пересечёт объект L_n	
Что будет, если объект L примкнёт к объекту L_n	Выполнение булевых операций над объектами
Найти объекты, принадлежащие объектам L и L_n	
Найти объекты, принадлежащие объекту L	
Найти объекты, не принадлежащие объекту L	Построение буферных зон вокруг объектов
Построить зону вокруг объекта L	

Таблица 9 – Типовые запросы пользователя по геопространственному анализу площадных объектов в цифровой карте

Локализация объектов	
Площадные ($P_1, P_2, \dots P_n$), где $1, 2, \dots n$ – атрибутивные данные	
Запрос пользователя	Тип задачи
Вычислить площадь объекта P	Вычисление характеристик объектов
Вычислить периметр объекта P	
Вычислить расстояние между P_1 и P_2	
Найти объекты P , содержащие объекты P_n	Определение пространственных отношений объектов
Найти объекты P , примыкающие к объектам P_n	
Что будет, если объект P будет содержать объект P_n	
Что будет, если объект P примкнёт к объекту P_n	
Найти объекты, принадлежащие объектам P и P_n	Выполнение булевых операций над объектами
Найти объекты, принадлежащие объекту P	
Найти объекты, не принадлежащие объекту P	
Построить полигон вокруг объекта P	Построение буферных зон вокруг объектов

Таблица 10 – Типовые запросы пользователя по геопространственному анализу для точечных и линейных объектов в цифровой карте

Локализация объектов	
Точечные (T1, T2, ... Tn), Линейные (L1, L2, ... Ln)	
Запрос пользователя	Тип задачи
Вычислить расстояние между T и L	Вычисление характеристик объектов
Вычислить угол между T и L	
Найти объект L, содержащий объект T	Определение пространственных отношений объектов
Найти объект T, содержащий объект L	
Найти объект T, пересекаемый объектом L	
Найти объект L, пересекающий объект T	
Найти объект T, примыкающий к объекту L	
Найти объект L, примыкающий к объекту T	
Что будет, если объект L будет содержать объект T	
Что будет, если объект T будет содержать объект L	
Что будет, если объект T пересечет объект L	
Что будет, если объект L пересечет объект T	
Что будет, если объект L примкнёт к объекту T	
Что будет, если объект T примкнёт к объекту L	
Найти объекты, принадлежащие объектам T и L	Выполнение булевых операций над объектами
Найти объекты, не принадлежащие объектам T и L	
Найти кратчайшее расстояние между объектами T и Tn	Анализ сетей
Найти оптимальный маршрут	

Таблица 11 – Типовые запросы пользователя по геопространственному анализу для точечных и площадных объектов в цифровой карте

Локализация объектов	
Точечные (T1, T2, ... Tn), Площадные (P1, P2, ... Pn)	
Запрос пользователя	Тип задачи
Вычислить расстояние между объектами T и P	Вычисление характеристик объектов
Найти объект T, включенный в объект P	Определение пространственных отношений объектов
Найти объект P, содержащий объект T	
Найти объект T, примыкающий к объекту P	
Найти объект P, примыкающий к объекту T	
Что будет, если объект T будет содержаться в объекте P	
Что будет, если объект P будет содержать объект T	
Что будет, если объект T примкнёт к объекту P	
Что будет, если объект P примкнёт к объекту T	Выполнение булевых операций над объектами
Найти объекты, принадлежащие объектам T и P	
Найти объекты, не принадлежащие объектам T и P	

Таблица 12 – Типовые запросы пользователя по геопространственному анализу для линейных и площадных объектов в цифровой карте

Локализация объектов	
Линейные (L1, L2, ... Ln), Площадные (P1, P2, ... Pn)	
Вычислить расстояние между объектами L и P	Вычисление характеристик объектов
Найти объект L, включенный в объект P	Определение пространственных отношений объектов
Найти объект P, содержащий объект L	
Найти объект L, пересекающий объект P	
Найти объект P, пересекаемый объектом L	
Найти объект L, примыкающий к объекту P	
Найти объект P, к которому примыкает объект L	
Что будет, если объект L будет содержаться в объекте P	
Что будет, если объект P будет содержать объект L	
Что будет, если объект L пересечет объект P	
Что будет, если к объекту L примкнёт объект P	
Что будет, если к объекту P примкнёт объект L	
Найти объекты, принадлежащие объектам L и P	Выполнение булевых операций над объектами
Найти объекты, не принадлежащие объектам L и P	

На основе исследования процесса геопространственного анализа в среде ГИС неподготовленными пользователями сформулируем следующие принципы:

- автоматизированный геопространственный анализ неподготовленными пользователями заключается в разработке запросов пользователей на основе типовых геопространственных задач;
- обеспечение геопространственного анализа неподготовленными пользователями зависит от наличия семантической информации и метрических характеристик объектов, с которыми производится геопространственный анализ.

2.5 Выводы по второму разделу

В ходе исследования картографических процессов в среде ГИС были выяснены следующие базовые положения автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями:

- выбор и формирование системы координат и картографической проекции осуществляется автоматически при выборе административно-территориальной единицы Российской Федерации;
- ввиду того что местные системы координат территории зачастую засекречены, то автоматизированное создание карт неподготовленными пользователями возможно на той территории, для которой имеются открытые данные о местной системе координат, а также имеются открытые ключи перехода из одной системы координат в другую;
- выбор картографической проекции представлен имеющимися библиотеками рекомендуемых картографических проекций для субъектов Российской Федерации;
- карта формируется на основе доступных векторных и растровых геоданных, а также открытых официальных статистических данных.
- карты подразделены на три блока: экономика, социум, природа. Автоматизированное создание тематических карт в среде ГИС неподготовленными поль-

зователями основано на разработке типовых запросов об отображаемых объектах и явлениях, показатели которых имеются в доступных базах данных.

– геопространственный анализ в среде ГИС неподготовленными пользователями выполнен путем разработки типовых геопространственных задач и запросов пользователя к каждому типу задачи в зависимости от имеющейся семантической информации в открытых базах данных.

3 ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СОЗДАНИЯ КАРТ В СРЕДЕ ГИС НЕПОДГОТОВЛЕННЫМИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ

3.1 Формализованное описание картографических процессов и разработка алгоритма автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС

Для обеспечения автоматизированного процесса создания карт неподготовленными пользователями, необходимо сформулировать формализованное описание картографических процессов на основе предложенных базовых принципах.

Основываясь на сущности цифровых карт, предлагается процесс проектирования карты построить следующим образом

$$P = \{(M), (Sb), (Z)\}, \quad (17)$$

где P – процесс проектирования карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;

M – процесс проектирования математической основы карты;

Sb – процесс сбора геоданных;

Z – процесс картографического отображения.

Используя рекомендуемые картографические проекции для субъектов Российской Федерации, представим операцию автоматического выбора проекции неподготовленным пользователем следующим образом

$$Kp = f(Te), \quad (18)$$

где Kp – картографическая проекция;

Te – категория «Объект картографирования».

$$Te = \{t_n\}, \quad (19)$$

где Te – категория «Объект картографирования»;

t_n – территория Российской Федерации или ее субъект.

Таким образом,

$$Kp = f(t_n), \quad (20)$$

где Kp – картографическая проекция;

t_n – территория Российской Федерации или ее субъект.

То есть автоматический выбор картографической проекции будет зависеть от выбора пользователем субъекта Российской Федерации.

При автоматическом выборе картографической проекции неподготовленными пользователями происходит автоматический выбор местной системы координат при условии наличия у пользователя ключей перехода систем координат

$$Ck = f(t_n), \quad (21)$$

где Ck – определение системы координат;

t_n – территория Российской Федерации или ее субъект.

Таким образом, математическая основа цифровой карты при автоматизированном проектировании неподготовленными пользователями в среде ГИС можно описать следующим образом:

$$M = f(t_n), \quad (22)$$

где M – математическая основа карты;

t_n – территория Российской Федерации или ее субъект,

Исходя из формулы (2), (18) получаем формализованное описание процесса проектирования математической основы

$$M = f(Te), \quad (23)$$

где M – математическая основа карты;

Te – категория «Объект картографирования».

Для проектирования знаковой системы карты необходимо предоставить пользователям выбор темы карты. Выбор темы карты можно представить следующим образом

$$T = \{Ek, Sz, Na\}, \quad (24)$$

где T – категория «Тема карты»;

Ek – «Экономика»;

Sz – «Социум»,

Na – «Природа».

Процесс картографического отображения носит сугубо индивидуальных характер ввиду разнообразия явлений окружающего геопространства. По этой причине предлагается для каждой темы карты сформулировать запросы пользователей об объектах и явлениях на основе доступных тематических показателей. Формализованное процесса картографического отображения может выглядеть следующим образом

$$Z = f(Te, T, Tp), \quad (25)$$

где Z – процесс картографического отображения;

Te – категория «Объект картографирования»;

T – категория «Тема карты»;

Tr – выбор геоданных в доступных базах данных.

На основании формул (17) - (25) можно выполнить формализованное описание процесса сбора геоданных

$$Sb = f(t_n, Ek, Sz, Na, Tr), \quad (26)$$

где Sb – процесс сбора геоданных;

t_n – выбор территории Российской Федерации или ее субъекта;

Ek – выбор темы карты «Экономика»;

Sz – выбор темы карты «Социум»;

Na – выбор темы карты «Природа»;

Tr – выбор геоданных в доступных базах данных.

Соответственно, формализованное описание процесса проектирования карты можно представить следующим образом

$$P = f(Te, T, Tr), \quad (27)$$

где P – процесс проектирования карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;

Te – категория «Объект картографирования»;

T – категория «Тема карты»;

Tr – выбор геоданных в доступных базах данных.

При формировании картографируемого явления неподготовленными пользователями требуется учесть, что тематическое содержание цифровой карты должно содержать общегеографическую основу, автоматически формируемую при выборе объекта картографирования. Общегеографическая основа карт включает такие элементы содержания, которые прописаны в Руководствах по картографическим работам [73, 74, 75, 76, 77], а также геоданные которых имеются в

открытом доступе. В приложении А представлен набор объектов для масштабов карт 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10 000, 1:25000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:000 000 для автоматического отображения общегеографической основы неподготовленными пользователями на примере элемента гидрографии. В приложении В представлены используемые способы изображения элементов общегеографической основы на примере элемента гидрографии в зависимости от масштаба карты.

В рамках темы диссертационного исследования в качестве примера для автоматического формирования общегеографической основы неподготовленными пользователями использованы векторные геоданные с открытого веб-картографического проекта Open Street Map [78, 79]. Геоданные представлены наборами слоев, содержащие следующие элементы общегеографической основы и изображающие следующими способами изображений (таблица 13).

Таблица 13– Пример наборов слоев геоданных с веб-картографического проекта Open Street Map

Элемент карты	Способ изображения
Административные границы	Площадной
Береговая линия	
Водные объекты	
Города (полигоны)	
Здания	
Леса	
Административные границы	Линейный
Береговые линии	
Пути сообщения	
Реки	
Города	Точечный

Представленные слои могут быть использованы неподготовленными пользователями при автоматическом формировании общегеографической основы карты.

В соответствии с переменными категории темы карты («Экономика», «Социум», «Природа») выполним формулировку запросов пользователей на основе доступных тематических показателей в базах статистических данных.

К картам темы «Экономика» можно привести следующий набор содержания карт:

- промышленность;
- легкая промышленность;
- тяжелая промышленность;
- металлургия;
- химия;
- лесная промышленность;
- высокие технологии;
- банки;
- недвижимость;
- строительство;
- транспорт;
- сельское хозяйство;
- пищевая промышленность.

Набор содержания темы карт «Социум»:

- здравоохранение;
- образование;
- культура;
- жилищный фонд;
- коммунальное хозяйство;
- туризм;
- услуги;

- демография;
- этнический состав;
- миграция.

К картам темы «Природа» приведем следующий набор содержания:

- геология;
- климатология;
- метеорология;
- почвы;
- гидрология;
- животный мир;
- растительный мир.

Формулировка типовых запросов пользователей об отображении тематических показателей в каждом содержании карт требует индивидуального исследования содержания ввиду разнообразия форм объектов и явлений действительности. Кроме того, при формулировке типовых запросов нужно учитывать наличие статистических показателей картографируемых объектов и явлений в доступных источниках геоданных.

В качестве примера в темах «Экономика», «Социум» и «Природа» выбрано по одной теме и выполнена формулировка возможных запросов пользователей об объектах и явлениях. Формулировка запросов пользователей осуществляется на основе открытых официальных данных Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), созданная в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие государственной статистики России в 2007–2011 гг.». Государственный интегрированный статистический ресурс ЕМИСС включает официальную статистическую информацию, предоставляемую федеральными органами государственной власти в рамках Федерального плана статистических работ (ФПСР) в соответствии с Федеральным законом от 29 ноября 2007 г. №282-ФЗ «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» [80]. ЕМИСС представляет собой

государственную информационную систему, объединяющую официальные государственные информационные статистические ресурсы, формируемые субъектами официального статистического учета в рамках реализации федерального плана статистических работ [80].

Сформулируем запросы пользователя в категории темы карты «Экономика» содержания «Промышленность» на основе имеющихся статистических показателей:

- площадь земель промышленности и иного специального назначения;
- число собственного подвижного состава (электровозы, тепловозы, грузовые вагоны магистральные и для промышленности, вагоны пассажирские);
- затраты на производство и реализацию продукции (товаров, работ, услуг) по крупнейшим базовым организациям;
- импорт Российской Федерации по группам стран;
- импорт Российской Федерации по товарным группам в торговле со всеми странами, странами дальнего зарубежья и СНГ;
- запасы основных товаров в организациях розничной торговли на конец отчетного периода до 2009 г.;
- индексы цен производителей по видам экономической деятельности с 2012 г.;
- индексы физического объема товарной структуры экспорта Российской Федерации;
- индексы физического объема товарной структуры импорта Российской Федерации;
- индексы средних цен товарной структуры экспорта Российской Федерации;
- производство основных видов продукции в натуральном выражении;
- потребление электроэнергии в Российской Федерации.

Запросы пользователя по теме «Здравоохранение» на основе доступных тематических показателей:

- расходы средств обязательного медицинского страхования в расчете на одного жителя;
 - доля учреждений здравоохранения, использующих сеть Интернет, в общем числе учреждений здравоохранения;
 - среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников государственных (муниципальных) учреждений здравоохранения;
 - количество коек в учреждениях здравоохранения в городской местности;
 - доля государственных (муниципальных) учреждений здравоохранения, здания которых находятся в аварийном состоянии или требуют капитального ремонта, в общем числе государственных (муниципальных) учреждений здравоохранения;
 - отношение среднемесячной номинальной начисленной заработной платы работников государственных (муниципальных) учреждений здравоохранения к среднемесячной номинальной начисленной заработной плате работников, занятых в сфере экономики региона;
 - фактическая стоимость одного койко-дня в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения без учета расходов на оплату труда и начислений на оплату труда;
 - численность лиц, которым оказана скорая медицинская помощь амбулаторно и при выездах на 1000 человек населения;
 - число амбулаторно-поликлинических учреждений;
 - уровень госпитализации в круглосуточные стационары на 100 человек населения;
 - средняя длительность пребывания больного на койке;
 - обеспеченность больничными койками на 10 тыс. населения;
 - число станций (отделений) скорой медицинской помощи.
- Запросы пользователей по теме «Климатология» на основе следующих доступных тематических показателей:
- отношение выпавших осадков к норме в июле за 2009, 2010, 2011 гг.;

- отношение выпавших осадков к норме в январе за 2009, 2010, 2011 гг.;
- отклонение от нормы средней месячной температуры воздуха в январе за 2009, 2010, 2011 гг.;
- отклонение от нормы средней месячной температуры воздуха в январе за 2009, 2010, 2011 гг.

Таким образом, схема алгоритма автоматизированного процесса проектирования цифровых карт неподготовленными пользователями выглядит следующим образом (рисунок 6):



Рисунок 6 – Алгоритм автоматизированного процесса проектирования цифровых карт неподготовленными пользователями

Формализованное описание процесса геопространственного анализа в среде ГИС осуществлялось путем формулировок типовых запросов пользователей по геопространственному анализу на основе типовых геопространственных задач и представлено следующим образом

$$G_A = f(T_G, Z_A), \quad (28)$$

где G_A – процесс геопространственного анализа в среде ГИС;

T_G – тип геопространственной задачи;

Z_A – типовые запросы пользователей по геопространственному анализу.

На основе формулы (28) составим алгоритм автоматизированного геопространственного анализа неподготовленными пользователями (рисунок 7).

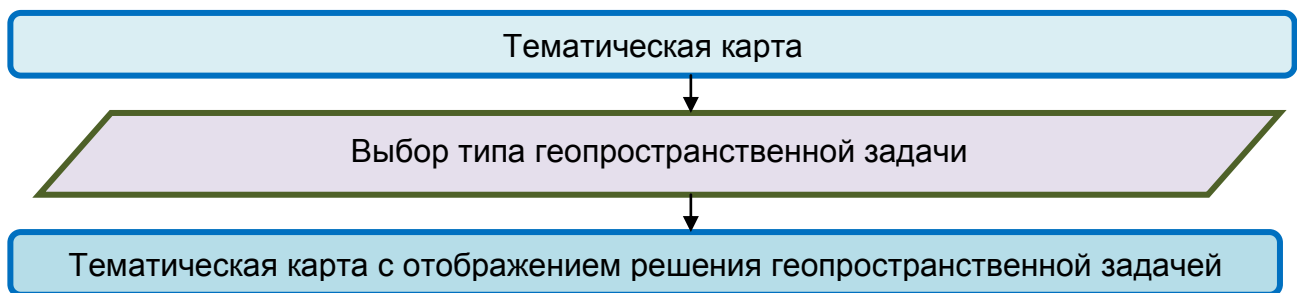


Рисунок 7 – Алгоритм автоматизированного геопространственного анализа в среде ГИС неподготовленными пользователями

Таким образом, на основе формул (27), (28) формализованное описание процесса автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями выглядит следующим образом

$$K_I = f(P, G_A), \quad (29)$$

где K_I – процесс автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;

P – процесс проектирования карт;

G_A – процесс геопространственного анализа в среде ГИС.

В соответствии с формализованным описанием картографических процессов разработан алгоритм автоматизированного процесса создания карт и реализован с помощью специального программного модуля управления процессом авто-

матизированного создания карт неподготовленными пользователями («ПМУ-ПАСК»). Алгоритм представлен на рисунке 8.

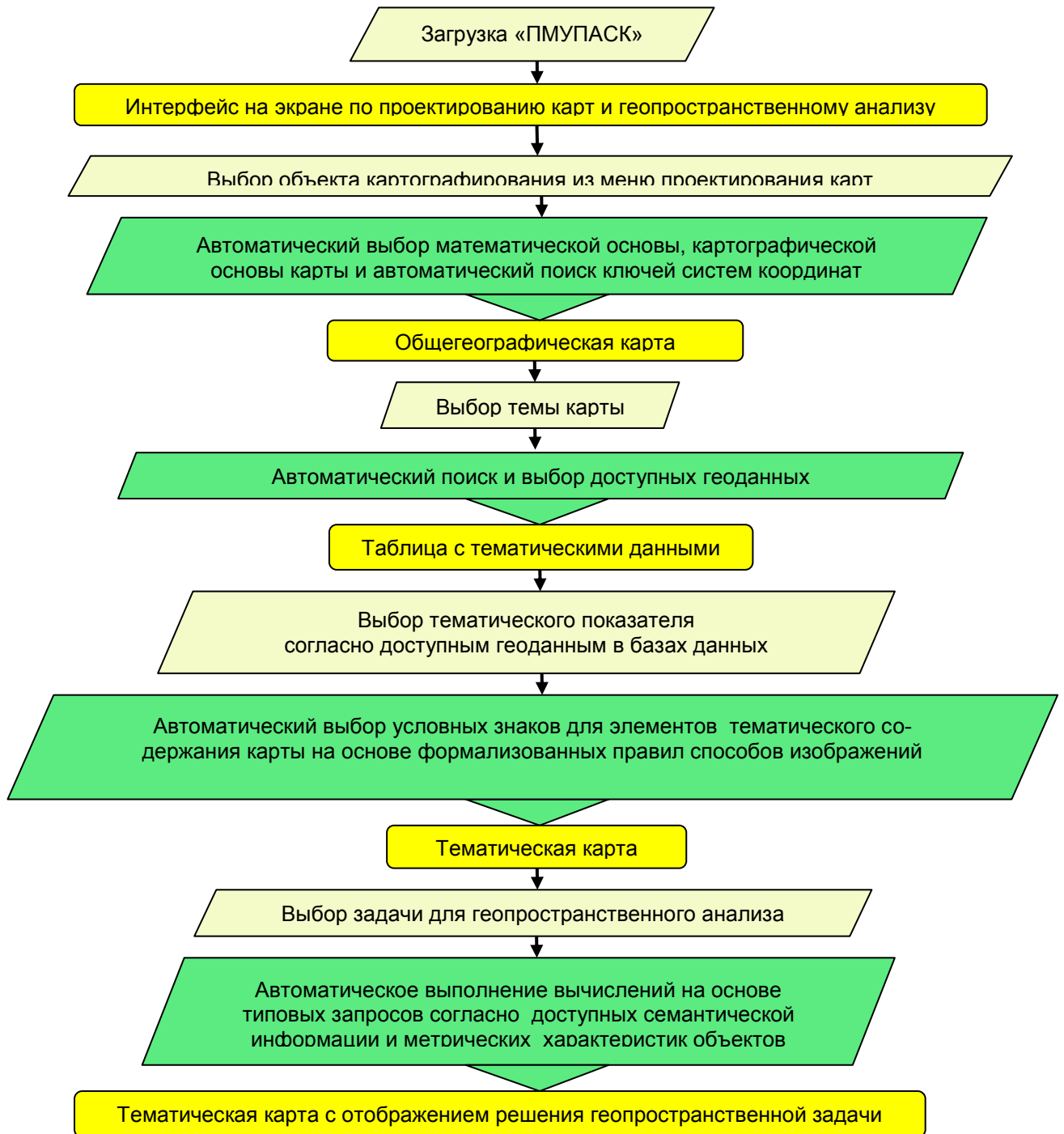


Рисунок 8 – Алгоритм автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями

3.2 Разработка программного модуля управления процессом автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями

Разработка интерфейса программного модуля управления. Элементы интерфейса программного модуля управления процессом автоматизированного создания карт («ПМУПАСК») ориентированы на пользователей без специальной подготовки в области картографии. Поэтому интерфейс должен быть максимально простым и понятным с минимальным количеством операционных кнопок и реализованным в виде мастера, последовательно проводящего пользователя по всем этапам создания карты.

На основе формализованного описания картографических процессов интерфейс по проектированию карт представлен на рисунке 9:

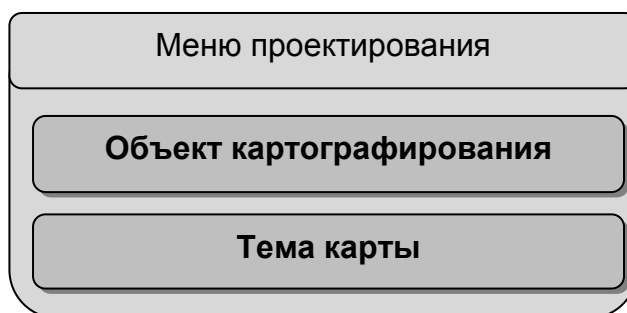


Рисунок 9 – Интерфейс проектирования карт

Категория «Объект картографирования» представлена выбором меню административно-территориальной единицы, в котором пользователю предлагается выбрать конкретную единицу (рисунок 10).

В меню проектирования пользователю также предлагается выбрать тему карты и содержание карты в соответствии с выполненной формализацией. В подменю «Содержание карты» располагаются тематические показатели в соответствии с имеющимися доступными геоданными (рисунок 11).

Объект картографирования

Страна	Россия ▼
Федеральный округ	Сибирский ▼
Регион	Новосибирская область ▼
Район	Кочковский район ▼
Населенный пункт	Черновка ▼

Рисунок 10 – Меню выбора объекта картографирования

Тема карты	Экономика ▼
Содержание карты	Незавершенное строительство ▼

Рисунок 11 – Меню выбора темы карты и содержания карты

Также пользователю предоставляется меню по использованию карт, состоящего из набора типовых геопространственных задач с картографируемыми объектами (рисунок 12). Меню задач может быть расширено. На рисунке 12 представлен набор задач для геоданных, семантические и метрические характеристики которых имеются в доступных базах векторных геоданных.

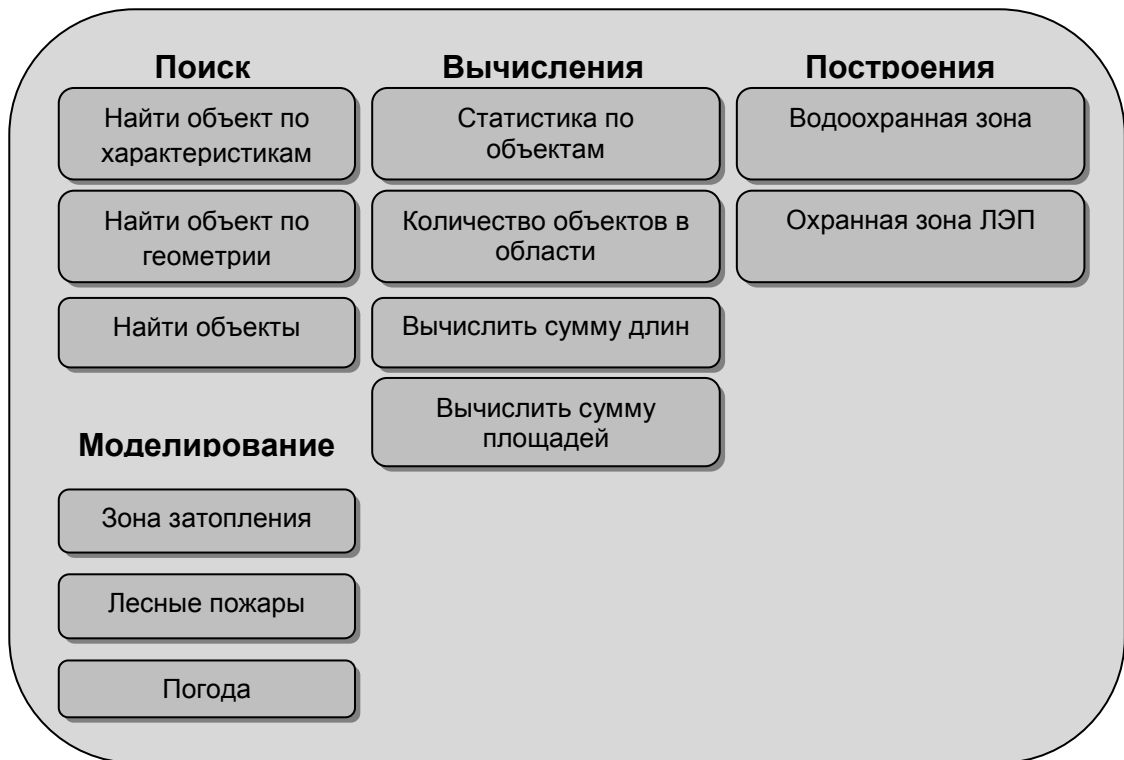


Рисунок 12 – Меню выбора геопространственной задачи

На рисунке 13 приведен пример макета пользовательского интерфейса программного модуля управления процессом автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями в среде ГИС (Модуль управления проектированием карт). На рисунке 14 представлен макет пользовательского интерфейса программного модуля по автоматизированному геопространственному анализу в среде ГИС неподготовленными пользователями.

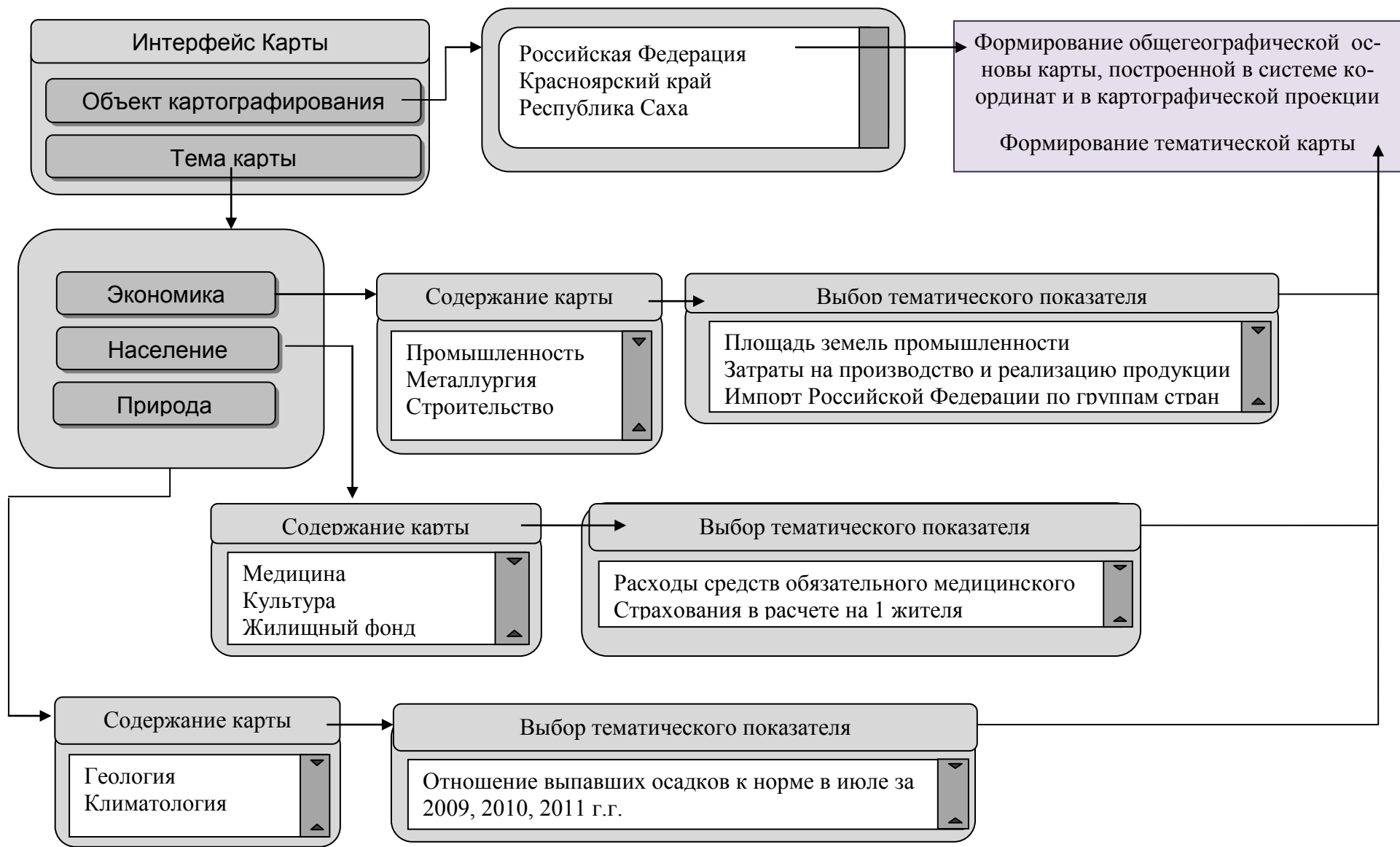


Рисунок 13 – Пример макета пользовательского интерфейса программного модуля по автоматизированному процессу проектирования карт в среде ГИС неподготовленными пользователями

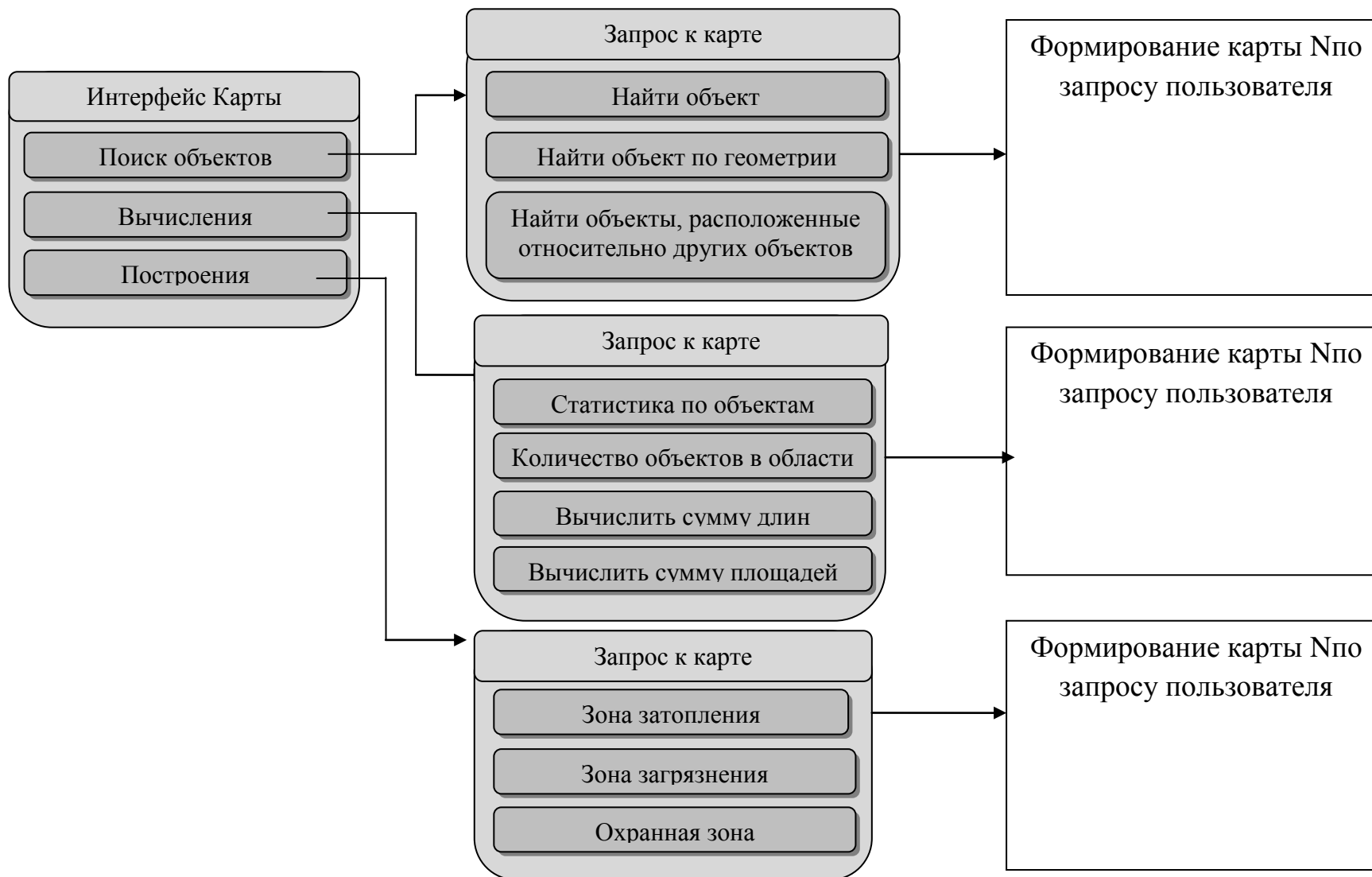


Рисунок 14 – Пример макета пользовательского интерфейса программного модуля по автоматизированному геопространственному анализу в среде ГИС неподготовленными пользователями

Разработка функций программного модуля. В меню проектирования карт «ПМУПАСК» предлагается сделать выбор объекта картографирования. В рамках темы исследования определено, что в качестве объекта картографирования неподготовленным пользователям предлагаются Российская Федерация или субъекты Российской Федерации.

При выборе объекта картографирования программным модулем осуществляется автоматический выбор математической проекции из имеющегося каталога проекций по субъектам Российской Федерации, поиск ключей систем координат, а также происходит отображение векторных геоданных объектов местности из доступных источников. В результате на экране инструментальной ГИС формируется общегеографическая карта на выбранный объект картографирования.

В меню проектирования карт пользователям предлагается создать тематическую карту. Для этого пользователям нужно выбрать соответствующую тему карты. При выборе нужной темы карты, программным модулем осуществляется автоматический поиск и выборка доступных геоданных. В результате на экране формируются таблицы с геоданными на выбранную тему из доступных источников. Затем пользователям формируется список с тематическими показателями, выбранными из доступных источников, в соответствии с выбранной темой. Пользователям требуется выбрать тематический показатель, в результате чего происходит автоматический выбор и построение условного знака для выбранного тематического показателя. На экране формируется тематическая карта.

В меню использования карт пользователям предлагается выбрать типовую геопространственную задачу для картографируемых объектов местности. После чего инструментальная ГИС автоматически выполняет вычисления согласно доступных для анализируемых объектов семантической информации и метрических характеристик. На экране формируется тематическая карта с выполненной геопространственной задачей.

Технологическая схема функционирования программного модуля управления автоматизированным процессом создания карт в среде ГИС представлен на рисунке 15.

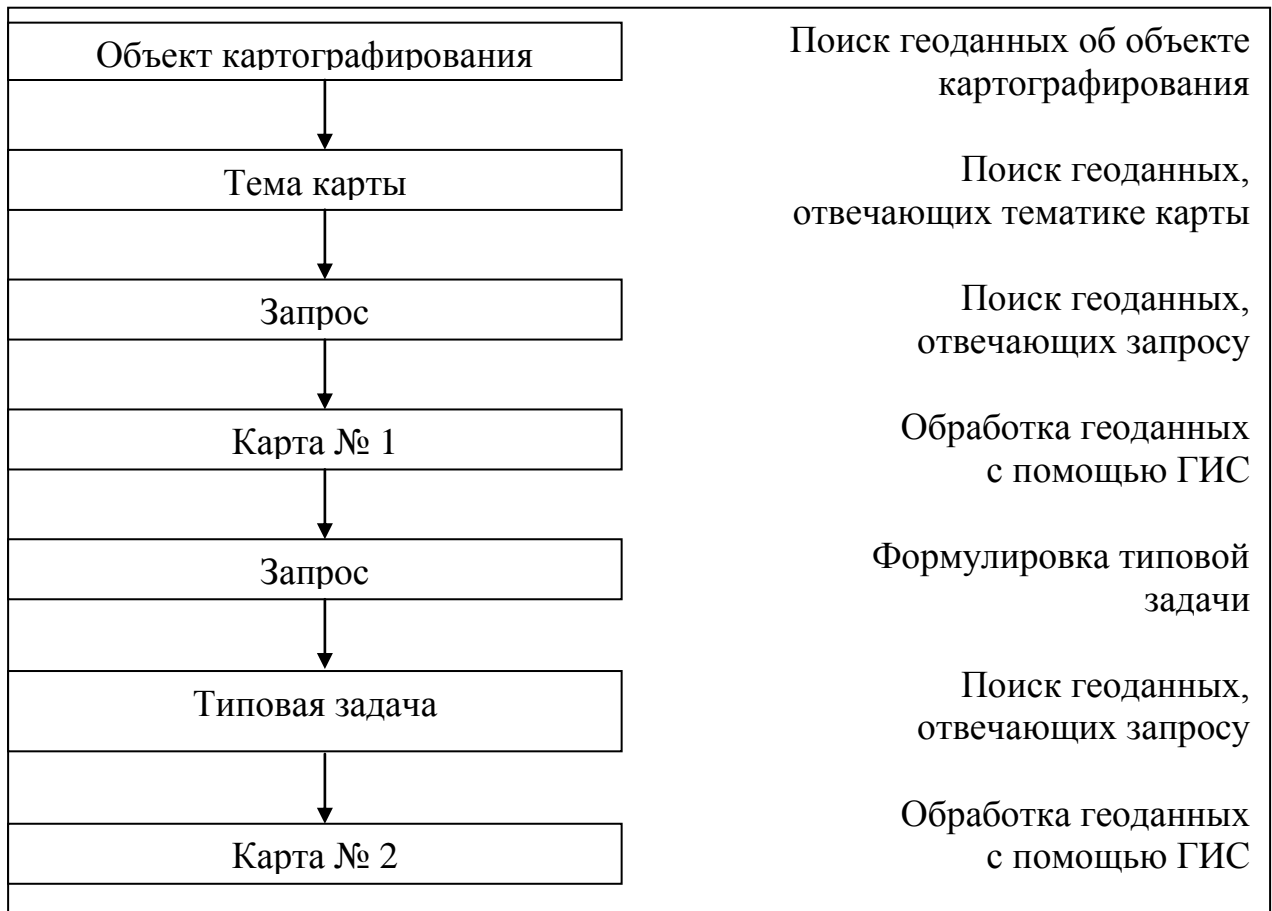


Рисунок 15 – Технологическая схема функционирования программного модуля в среде ГИС

3.3 Апробация экспериментального образца программного модуля управления процессом автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями

В ходе диссертационного исследования проведена апробация экспериментального образца «ПМУПАСК» в среде QGIS. Выбор данного программного обеспечения обусловлен ее возможностью расширять функциональность дополнительными модулями на языке программирования Python и поддержкой современных геоинформационных технологий. Разработанный программный модуль «ПМУПАСК» доступен для запуска из меню «Модули».

На первом шаге работы с модулем производится выбор объекта картографирования из предлагаемого меню, которое формируются на основе доступных геоданных из локальных и сетевых файловых хранилищ и пространственных баз данных. Списки работают по иерархическому принципу и позволяют отобразить карту на любой из пяти уровней административно-территориального деления. Также на этом этапе доступны функции выбора территории картографирования на основе ручного указания территории, либо ввода координат прямоугольной области с клавиатуры. После выбора объекта картографирования согласно приведенной таблице 2 осуществляется автоматический выбор математической основы карты.

На рисунке 16 приведен пример автоматического построения общегеографической основы карты. На первом шаге осуществим выбор Объекта картографирования «Страна» - «Россия». При выборе объекта картографирования «Страна» - «Россия» автоматически формируется векторная карта Российской Федерации в системе координат ГСК–2011, в нормальной конической равнопромежуточной проекции Каврайского (рисунок 16). В качестве материала для апробации используются геоданные из веб-картографического проекта Open Street Map [78, 79]. Наборы геоданных представляют собой в формате shape-файлов и osm-,xml-файлов, которые сгруппированы в соответствии с административно-территориальными единицами Российской Федерации. Использование геоданных в виде shape-файлов и osm-,xml-файлов позволяет использовать их практически в любой инструментальной ГИС.

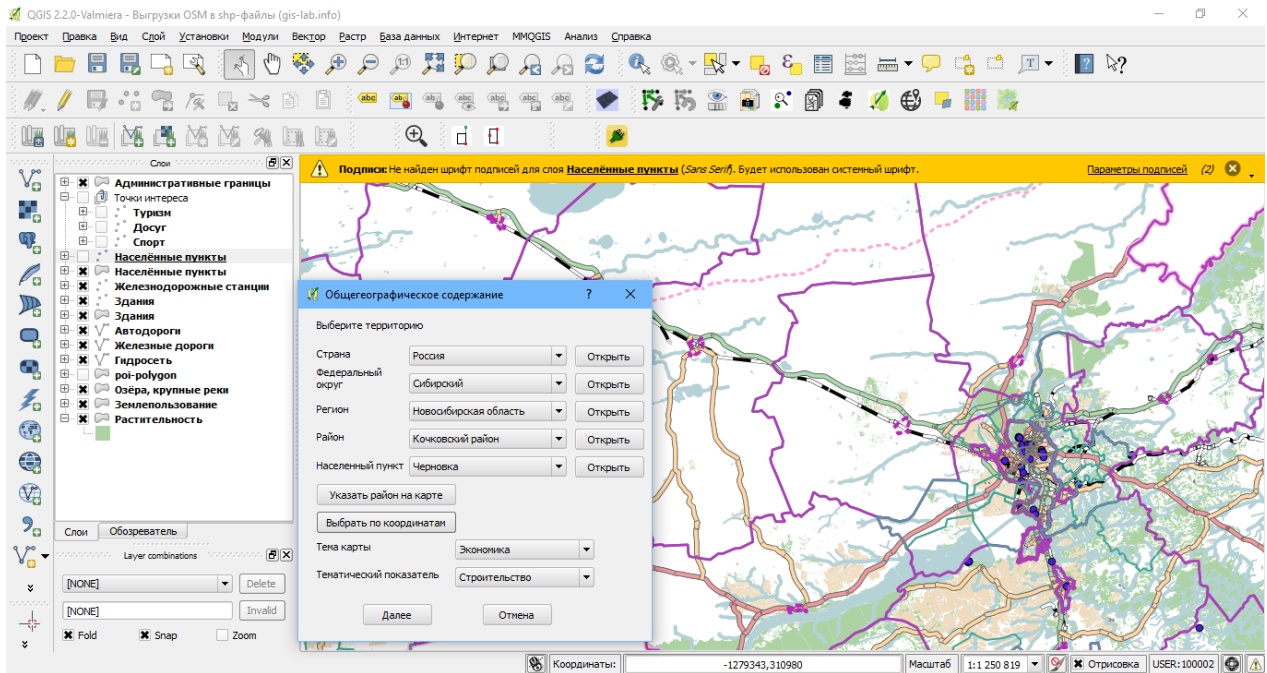


Рисунок 16 – Автоматическое формирование общегеографической основы при выборе пользователем объекта картографирования «Страна» - «Россия»

На втором шаге работы с интерфейсом модуля управления осуществляется выбор темы карты. Список тем карт формируется на основе доступных баз данных. Возможные доступные геоданные для Российской Федерации могут быть представлены списком источников [81,82, 83, 84, 85, 86, 87]:

- порталы открытых данных Российской Федерации;
- федеральные информационные системы;
- федеральные службы государственной статистики;
- единая межведомственная информационно-статистическая система;
- технические ресурсы получения данных.

Для апробации экспериментального образца программного модуля управления процессом автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями использовались данные из Единой межведомственной информационно-статистической системы и Портал открытых данных Российской Федерации. Для автоматического доступа к данным и формирования списка содержания карты использовались предоставляемые порталами коды интерфейса программиро-

вания - API. С помощью API осуществляется возможность подачи запросов пользователя к массивам доступных данным в программируемом формате. Для работы с API требуется получить личный ключ, который доступен после регистрации на Портале [87].

При выборе темы карты «Экономика» происходит запрос через API Единой межведомственной информационно-статистической системы для получения возможного содержания карты. Далее пользователю предлагается выбрать нужный тематический показатель в соответствии с имеющимся набором показателей в найденной информационно-статистической системе. Также используя API ЕМИСС, производится загрузка требуемых табличных данных и их связывание с объектами карты по наименованию объекта административно-территориального деления. На рисунке 17 приведен пример выбора табличного вида отображения статистического показателя «Незавершенное строительство по областям России за период 2006–2013 гг.».

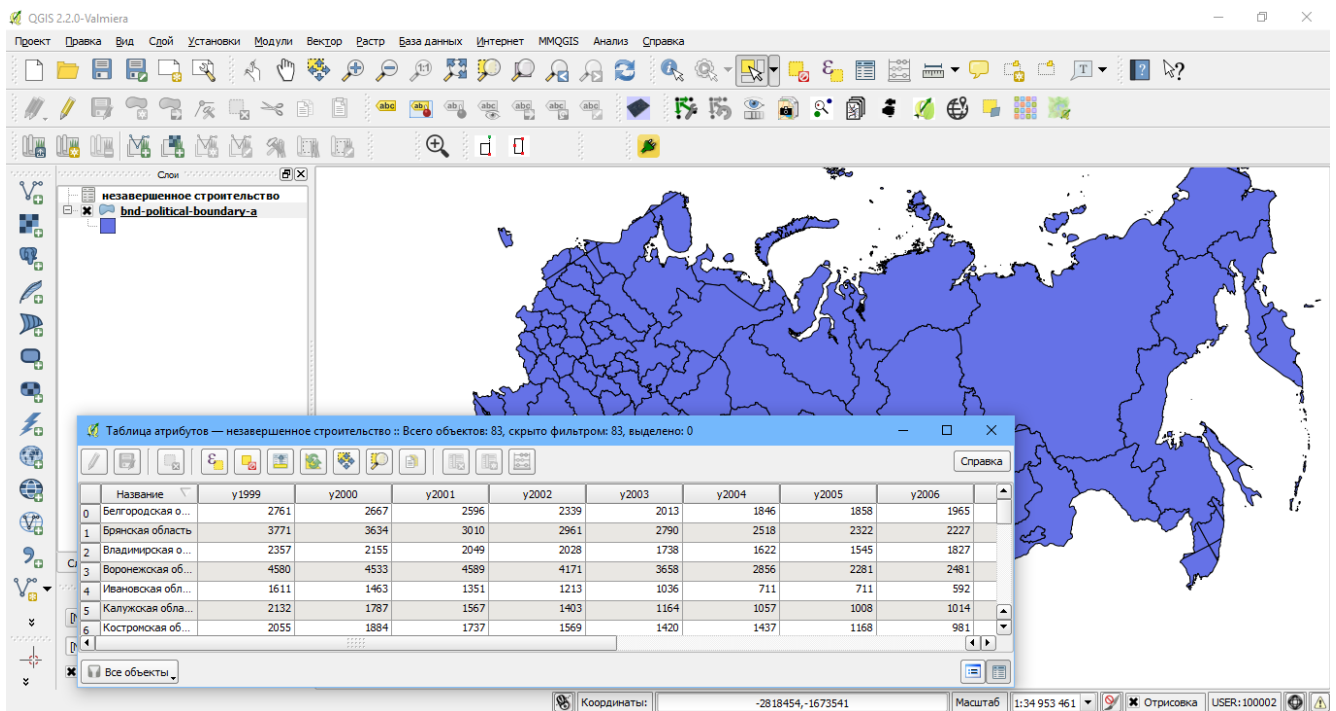


Рисунок 17 – Таблица с данными статистического показателя «Незавершенное строительство по областям Российской Федерации за период 2006–2013 гг. в рублях»

По завершению этапа пользователю отображается тематическая карта с условными обозначениями, которые формируются на основе формализованных правил, отображающие значения выбранного показателя по годам. Размер и положение диаграммы выбирается автоматически, исходя из типа локализации объектов и их геометрии (рисунок 18).

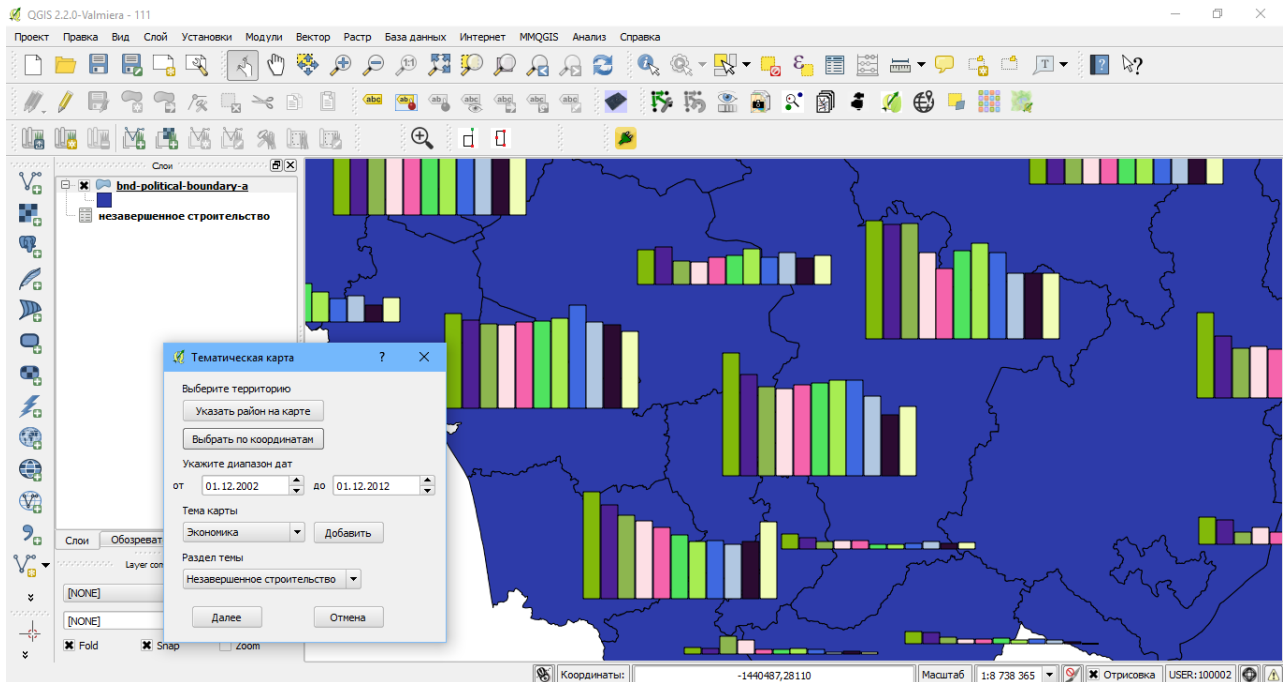


Рисунок 18 – Тематическая карта «Незавершенное строительство по областям Российской Федерации за период 2006–2013»

Для осуществления операции по геопространственному анализу пользователю необходимо открыть отдельную панель модуля «ПМУПАСК». На ней представлен набор типовых задач, разделенных по категориям. В качестве примера использования приведен пример построения и отображения на карте водоохраной зоны для озер. Статья 65 Водного кодекса РФ [88] определяет величины водоохраной зоны для различных типов объектов гидрографии, что можно использовать в задаче, путем указания ширины буферной зоны (рисунок 19).

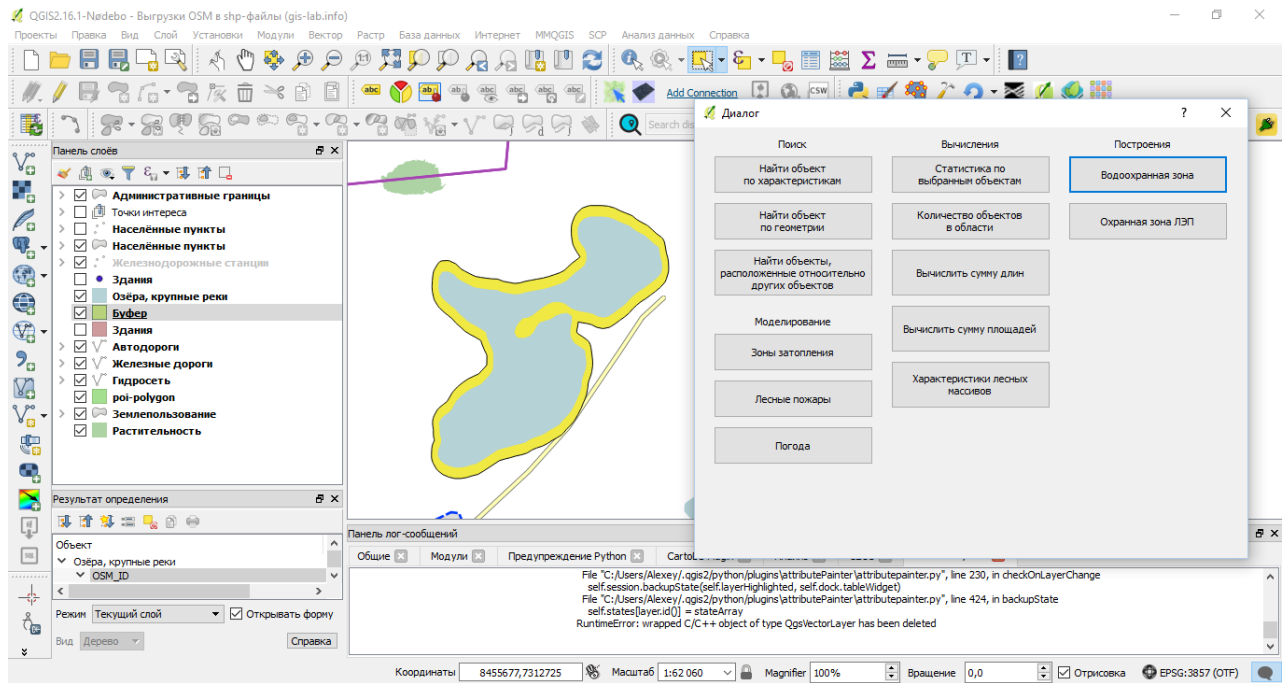


Рисунок 19 – Тематическая карта с отображенной геопространственной задачей «Построение водоохранной зоны»

3.4 Выводы по третьему разделу

Ключевые результаты по третьему разделу заключаются в следующем:

- сформулировано формализованное описание картографических процессов на основе предложенных принципов автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;
- предложен алгоритм процесса автоматизированного создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями, реализующий автоматизацию процесса сбора геоданных из доступных источников и построения на их основе тематических цифровых карт;
- создан программный модуль управления процессом автоматизированного создания карт в среде ГИС, который реализует базовые технические решения в виде пользовательского интерфейса, позволяющего неподготовленным пользователям создавать тематические карты на основе геоданных из доступных источников и решать типовые задачи геопространственного анализа;

– выполнена апробация работы экспериментального образца программного модуля управления процессом автоматизированного создания карт на территорию Российской Федерации в среде QGIS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проведенных исследований выполнена формализация картографических процессов для автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями. Таким образом, цель достигнута, поставленные задачи решены.

Итоги проведенных исследований заключаются в следующем:

- проанализированы состояние и достижения в области автоматизации картографических процессов;
- сформулированы принципы автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;
- выполнено формализованное описание картографических процессов;
- разработан алгоритм автоматизированного процесса создания карт в среде ГИС неподготовленными пользователями;
- создан программный модуль управления процессом автоматизированного создания карт неподготовленными пользователями;
- апробирован процесс автоматизированного создания карт в среде ГИС.

Таким образом, результаты выполненных исследований позволяют автоматизировать процесс создания карт неподготовленными пользователями. Перспективы результатов диссертационной работы открывают возможность создания экспертных систем по созданию карт в среде ГИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Лисицкий, Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая Земля» к системе виртуальной реальности [Текст] / Д. В. Лисицкий // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2(22). – С. 8–16.

2 Кацко, С. Ю. ГИС для непрофессиональных пользователей как один из современных инструментов работы с геоинформацией [Текст] / С. Ю. Кацко // ГЕО-СИБИРЬ-2011 : VII Междунар. науч. конгр., 19-29 апр., 2011г. – Новосибирск : СГГА, 2011. – Т.1, ч.1.– С. 234–238.

3 Лисицкий, Д. В. Назначение и особенности цифрового картографического изображения в геоинформационном картографировании [Текст]/ Д. В. Лисицкий, С. Ю. Кацко // ГЕО-СИБИРЬ-2005:Междунар. науч. конгр., 25- 29 апр. 2005 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2005. – Т. 4. – С. 28–31.

4 Лисицкий, Д. В. Изменение сущности и функций картографических изображений на современном этапе развития общества [Текст]/ Д. В. Лисицкий, С. Ю. Кацко // Геодезия и картография. – 2008. – № 2. – С. 28–30 .

5 Кацко, С. Ю. Эволюция сущности и роли картографических изображений [Текст]/ С. Ю. Кацко // ГЕО-СИБИРЬ-2008 : IV Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 22-24 апр. 2008г. – Новосибирск : СГГА, 2008. – Т.1, ч.2. – С. 203–207.

6 Кацко, С. Ю. Возможности информационно-аналитических ГИС в работе непрофессиональных пользователей с пространственной информацией [Текст]/ С. Ю. Кацко // Вестник СГГА.– 2011. – № 1(14). – С. 76–80.

7 Лисицкий, Д. В. Изменение роли картографических изображений в процессе формирования единого электронного геопространства[Текст]/ Д. В. Лисицкий, С. Ю. Кацко // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. 1. – С.58–62.

8 Кацко, С. Ю. От освоения пространства к формированию единого геоинформационного пространства [Текст] / С. Ю. Кацко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012: VIII Междунар. науч. конгр., 10-12 апр. 2012г., Новосибирск : Междунар.

науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2012. – Т.2. – С. 99–104.

9 Кацко, С. Ю. Неогеография и картография [Текст]/ С. Ю. Кацко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013 : IX Междунар. науч. конгр., 15-26 апр. 2013г., Новосибирск ;Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»:сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т. 2.– С. 102 – 106.

10 Лисицкий, Д. В. Концепция создания и функционирования геоинформационного пространства [Текст] / Д. В. Лисицкий, С. Ю. Кацко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013 : IX Междунар. науч. конгр., 15-26 апр. 2013 г., Новосибирск: пленар. Заседание: сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т.2.– С. 72–75 .

11 Дышлюк, С. С. Использование ГИС-технологий в процессе территориального планирования [Текст] / С. С. Дышлюк, С. А. Сухорукова // Гео-Сибирь-2010: VI Междунар. науч. конгр., 19-29 апр. 2010г. – Новосибирск: СГГА, 2010. – Т.1, ч.2. – С. 168–170.

12 Гук, А. П. Формирование картографических изображений в среде ГИС[Текст] / А. П. Гук, С. С. Дышлюк, Е. В. Павлов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012.-- № 2/1. – С.62–66.

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

14 Васмут, А.С. Автоматизация в картографии [Текст] / А. С. Васмут// Итоги науки. Сер.: География. Картография 1967-1969. – М.: ВИНТИ, 1970.– Вып. 4.–С. 43–64.

15 Васмут, А. С. Моделирование в картографии с применением ЭВМ[Текст] / А. С. Васмут. – М. : Недра, 1983. – 200 с.

16 Васмут, А. С. Перспективы и тенденции развития автоматизированных банков картографических данных [Текст] / А. С. Васмут // Научные труды.– М. : ВАГО, 1989.

17 Мартыненко, А. И. Автоматизация в картографии [Текст] / А. И. Мартыненко // ВИНТИ АН СССР. Картография. – М. 1974. – Т. 6. –С. 45 – 81.

18 Мартыненко, А. И. Автоматизация в создании и применении карт [Текст] / А. И. Мартыненко // ВИНТИ АН СССР. Картография. – М., 1988. – Т. 13. – 172с.

19 Прасолов, В. Н. К вопросу о формировании отображения строения форм рельефа при автоматизированном построении горизонталей [Текст] / В. Н. Прасолов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1982. – № 4. –С. 107 – 113.

20 Свентек, Ю. В. Картографическая генерализация и познавательные уровни картографирования [Текст] / Ю. В. Свентек // Научно-технический прогресс и проблемы картографии. – М., 1987. –С. 35– 42.

21 Сербенюк, С.Н. Автоматизация в тематической картографии [Текст] / С. Н. Сербенюк, В. С. Тикунов ; Географический факультет МГУ. – М. : МГУ, 1984. — 112 с.

22 Черкасов, С. А. Реализация процесса создания ЦММ в автоматизированной системе картографирования АСК-1[Текст] / С. А. Черкасов // Труды НИШИ. – 1982. – Вып. 6. – С. 104–117.

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

24 Васмут, А. С. Методы автоматизации при составлении оригиналов тематических карт [Текст] / А. С. Васмут // Науч. тр. ВАГО АН СССР. – М.,1989.

25 Автоматизированная система крупномасштабного картографирования /АСК-І[Текст] / Д. В. Лисицкий, Ю. С. Обидин, С. А. Черкасов, С. С. Перлов.– Новосибирск, 1982. – 31 с.

26 Митчел Энди. Руководство по ГИС анализу [Текст]. Ч. 1: Пространственные модели и взаимосвязи / Энди Митчел. – Киев: ЕСОММСо: Стилос, 2000. – 177 с.

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

28 Матерук, А. Ю. Основные свойства и внешние взаимосвязи процесса компьютерного формирования картографических изображений [Текст]/ А. Ю. Матерук // Вестник СГГА. – 2000. – Вып. 5. – С. 72–77.

29 Матерук, А. Ю. Направление семантической интеграции различных ГИС (АКС) в единое глобальное пространство моделирования [Текст] / А. Ю. Матерук

30 Подольский, А. С. Принципы оформления мультимасштабных общегеографических карт [Текст]/ А. С. Подольский, Т. Е. Самсонов // ИнтерКарто-ИнтерГИС– 18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт : материалы междунар. конф., Смоленск, 26-28 июня 2012 г. – Смоленск, 2012. – С. 71 – 81.

31 Гук, А. П. Подготовительный этап формализации математической основы в среде ГИС [Текст] / А. П. Гук, С. С. Дышлюк, А. Б. Женибекова // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 222–227.

32 Самсонов, Т. Е. Генерализация дорожной сети в мелких масштабах картографирования с сохранением связности населенных пунктов [Текст] / Т. Е. Самсонов, А. М. Кривошеина // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 2. – С. 23 – 30.

33 Подольский, А.С. Принципы оформления мультимасштабных общегеографических карт [Текст] / А. С. Подольский, Т. Е. Самсонов // ИнтерКарто-ИнтерГИС– 18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт : материалы междунар. конф., Смоленск, 26-28 июня 2012 г. – Смоленск, 2012. – С. 71–81.

34 Разработка методики автоматизированного отбора картографических объектов при создании цифровых картографических основ [Текст] / А. Г. Иванов, С. А. Крылов, А. В. Дворников, А. В. Кудрявцев, В. С. Петров // Сборник статей по итогам международной научно-технической конференции, посвященной 230-летию основания МИИГАиК в 2 ч. – М. : МИИГАиК, 2009. – Вып.2, ч. 1. – С. 108 – 110.

35 Иванов, А. Г. Разработка методики автоматизированного выбора картографической проекции при реализации мелкомасштабного картографирования [Текст] А. Г. Иванов, Г. И. Загребин // Известия вузов. Геодезия и аэрофото-съемка. – 2011. – № 1. – С. 98 – 101.

36 Матерук, А. Ю. Картографическое отображение в геоинформационных системах учеб. пособие / А. Ю. Матерук, М. А. Топчилов. – Новосибирск : СГГА, 1996. – 69 с.

37 Матерук, А. Ю. Разработка и исследование теоретических и технологических аспектов функционирования условных знаков в компьютерном картографическом отображении [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук : 25.00.33 / Матерук Александр Юрьевич. – Новосибирск, 1999. – 23 с.

38 Лисицкий, Д. В. Навигационная картография - проблемы и задачи [Текст] / Д. В. Лисицкий, Л. К. Радченко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016 : XII Междунар. науч. конгр., 18-22 апр. 2016 г. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» [Текст] : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – Т. 1. – С. 91–93 .

39 Радченко, Л. К. Аэронавигационное картографирование для малой авиации [Текст] / Л. К. Радченко, Е. А. Вегнер // Геодезия и картография. – 2016. – № 5. – С. 14–18.

40 Ромашова, Л. А. Комплексная оценка качества воды водных объектов и ее картографическое отображение [Текст] / Л. А. Ромашова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013 : IX Междунар. науч. конгр., 15-26 апр. 2013 г., Новосибирск ; Меж-

дунар. науч. конф. "Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия": сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т. 2. – С. 119–124.

41 Лисицкий, Д. В. Расширение языка картографического изображения в геоинформационном обеспечении территории с помощью мультимедийных методов и гиперфайлового принципа [Текст] / Д. В. Лисицкий, Е. В. Комиссарова // ГЕО-СИБИРЬ-2008 : IV Междунар. науч. конгр., 22-24 апр. 2008 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2008. – Т. 1, ч. 1. – С. 43–49 .

42 Сизикова, Т. С. Тенденция развития картографического дизайна в геоинформационном обеспечении территории [Текст] / Т. С. Сизикова, Е. В. Комиссарова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012 : VIII Междунар. науч. конгр., 10-20 апр. 2012 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2012. – Т.2. – С.13–18.

43 Колесников, А. А. Применение WEB-ГИС и мультимедийных технологий для картографического моделирования [Текст] / А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, В. А. Ракунов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013 : IX Междунар. науч. конгр., 15 -26 апр. 2013 г., Новосибирск ; Междунар. науч. конф. "Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия": сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т. 2. – С. 96 – 101.

44 Касьянова, Е. Л. Разработка многоуровневой региональной картографической геоинформационной системы для целей экологического мониторинга и управления ресурсами [Текст] : отчет о НИР(заключит.) / рук. Касьянова Е. Л. ; исполн.: Касьянова Е.Л., Говоров М.О. – Новосибирск, 1998.– 44 с.

45 Касьянова, Е. Л. Способы представления картографического изображения в сети Интернет [Текст] / Е. Л. Касьянова // ГЕО-СИБИРЬ-2009 :V Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 2-24 апр. 2009. – Новосибирск : СГГА, 2009. – Т.1 , ч.2. – С.242–245.

46 Кацко, С. Ю. Исследования компьютерных картографических изображений и их реализация в компьютерном картографировании [Текст] : автореф. дис.

канд. тех. Наук : 25.00.33 / Кацко Станислав Юрьевич. – Новосибирск, 2008. – 24 с.

47 Дышлюк, С.С. ИСА ГИС - новый инструмент для решения задач территориального управления [Текст]/ С. С. Дышлюк, Я. Г. Пошивайло // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013 : IX Междунар. науч. конгр., 15-26 апр. 2013г., Новосибирск ; Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т. 2. – С. 36– 40.

48 Дышлюк, С. С. Научно-методические основы формализации процессов составления тематических карт для реализации инструментальной справочно-аналитической геоинформационной системы [Текст]/ С. С. Дышлюк, О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова // Вестник СГГА. – 2011. – № 1 (14). – С. 49–54.

49 Лисицкий, Д. В. Инструментальная справочно-аналитическая ГИС - новый геоинформационный документ для широкого круга пользователей [Текст]/ Д. В. Лисицкий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012 : VIII Междунар. науч. конгр., 10-12 апр. 2012г., Новосибирск: Пленар. заседание: сб. материалов. – Новосибирск : СГГА, 2012. – С.213–219.

50 Лисицкий, Д. В. Концептуальные положения создания и функционирования территориальных ГИС [Текст] / Лисицкий, Д. В. // ГЕО-Сибирь-2006 : Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 24-28 апр., 2006 г. – Новосибирск : СГГА, 2006.– Т. 1, ч. 1. – С. 3–9 .

51 Natalia Andrienko, Gennady Andrienko, Georg Fuchs, Salvatore Rinzivillo, Hans-Dieter Betz. Detection, Tracking, and Visualization of Spatial Event Clusters for Real Time Monitoring [Текст] / IEEE/ACM Data Science and Advanced Analytics (DSAA). – 2013. – pp.1–10

52 Visual Task Solution Strategies in Tree Diagrams [Электронный ресурс] IEEE Pacific Visualization 2013.Proceedings, IEEE Computer Society Press, pp.169-176.–Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6596142/?arnumber=6596142> - Загл. с экрана.

53 Gennady Andrienko, Natalia Andrienko, and Hans Voss Faunhofer. Computer cartography and cartographic knowledge In Proceedings of the International conference on GIS for Sustainable Development of Territories [Текст] // St. Petersburg, Russia, 2002, pp.114–117.

54 Formalizing Cartographic Knowledg: Scientific Report for the Specialist Meeting [Текст] / 24-27 October, 1993. – Buffalo, New York.

55 Информационные технологии завтра [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.cnews.ru/news/line/esri_cis_vklyuchila_tehnologiyu_smart - Загл. с экрана.

56 ESRIGIS. Геоинформационные системы. Преимущества геоинформационного подхода [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://esri-cis.ru/blogs/?page=post&blog=arcgis&post_id=smart_mapping_ArcGIS – Загл. с экрана.

57 Esri CIS: новая технология работы с картами в веб – Smart Mapping [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.prtime.ru/2015/04/08/esri-cis-novaya-tehnologiya.html> - Загл. с экрана.

58 Automatische Herstellung und – Forfurung der topographischen Karten werke aus dem AAA-Datenmodell [Электронный ресурс]: сайт Aspand by Ases Systems. – Режим доступа: <http://www.axes-systems.com/de/content/automatische-herstellung-und-fortfuehrung-der-topographischen-kartenwerke-aus-dem-aaa-datenm> - Загл. с экрана.

59 Formalization of cartographic edition rules to automate topographic maps quality control [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extendedAbstract/392_proceeding.pdf - Загл. с экрана.

60 Open Regional Internet Atlas Of South Moravia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lazarus.elte.hu/cet/madrid-2005/friedmannova-konecny-stanek.pdf>. - Загл. с экрана.

61 Соломник, А. Неогеография и картография: семиотическая оценка [Текст] / А. Соломник ; под ред. А. Володченко, Е. Еремченко // Геоконтекст.– 2013.– № 1. – С. 17.

62 Женибекова, А. Б. К вопросу формализации картографических изображений [Текст] / А. Б. Женибекова // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 4 (28). – С. 124–128.

63 Гук, А. П. Проблемы автоматической генерализации при тематическом картографировании в среде ГИС [Текст] / А. П. Гук, С. С. Дышлюк, А. Б. Женибекова // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 97–100.

64 О единых государственных системах координат [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 28 дек. 2012 г. N 1463г. – Режим доступа: <https://rg.ru/2013/01/08/koordinaty-site-dok.html>.

65 Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат [Текст] / В. П. Горобец, Г. В. Демьянов, А. Н. Майоров, Г. Г. Побединский // Геопрофи. – № 6. – 2013. – С. 4 – 9.

66 Загребин, Г. И. Разработка методики автоматизированного выбора и построения элементов математической основы [Текст] : дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук : 25.00.33 – Картография / Загребин Глеб Игоревич. – Москва, 2012. – 24 с.

67 Женибекова, А. Б. Формализация выбора способов отображения для элементов общегеографических и тематических карт в среде ГИС [Текст] / А. Б. Женибекова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016 : XII Междунар. науч. конгр., 18–22 апр. 2016 г. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – Т. 1. – С. 169–174.

68 Билич, Ю. С. Проектирование и составление карт [Текст] : учебник для вузов / Ю. С. Билич, А. С. Васмут. – М. : Недра, 1984. – 364 с

69 Дышлюк, С. С. К вопросу формализации способов отображения в среде ГИС [Текст] / С. С. Дышлюк, А. Б. Женибекова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016 : XII Междунар. науч. конгр., 18–22 апр. 2016 г. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – Т. 1. – С. 184–188.

70 Женибекова, А. Б. Новый подход к формированию условных обозначений в среде ГИС [Текст] / А. Б. Женибекова // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 4 (28). – С. 135–139.

71 Open Street Map [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.openstreetmap.org/#map=5/51.500/-0.100>. – Загл. с экрана.

72 USGS science for a changing world. Earth Explorer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=ru&prev=search&rurl=translate.google.ru&sl=en&u=http://earthexplorer.usgs.gov/&usg=ALkJrhgXbgKEdWN5GzHxhVwFJ9QXNZfW8g, – Загл. с экрана.

73 Данные Open Street Map по регионам РФ в форматах shape и OsmXml [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/projects/osm-export.html>. – Загл. с экрана.

74 Данные Open Street Map в формате shape-файлов Xml [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/osmshp.html>. – Загл. с экрана.

75 Портал открытых данных правительства Москвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://data.mos.ru>. – Загл. с экрана.

76 Портал открытых данных Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://data.gov.ru>. – Загл. с экрана.

77 Федеральная налоговая служба. Федеральная информационная адресная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fias.nalog.ru>. – Загл. с экрана.

78 Официальный сайт Российской Федерации для размещения информации о проведении торгов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://torgi.gov.ru/opendata/index.html>. – Загл. с экрана.

79 Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fedstat.ru/indicators/start.do>.–Загл. с экрана.

80 Генеральная прокуратура Российской Федерации. Портал правовой статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://crimestat.ru/opendata>.–Загл. с экрана.

81 Центральный банк Российской Федерации. Технические ресурсы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cbr.ru/scripts/Root.asp>.–Загл. с экрана.

82 Открытые данные России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://data.gov.ru/pravila-i-rekomendacii>.–Загл. с экрана.

83 Semi automatic detection of cartographic objects indigital images [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ia.pw.edu.pl/~wkasprza/PAP/MGV00a.pdf>.– Загл. сэкрана.

84 Automated Cartography [Электронный ресурс]. – Режим доступа:[http://www.slideserve.com/kenyon/automated-cartography-python-scripting-project - Pfuk/](http://www.slideserve.com/kenyon/automated-cartography-python-scripting-project-Pfuk/).– Загл. сэкрана.

85 Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=358692>.–Загл. сэкрана.

86 Mapping, navigation, and learning for off-road traversal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dl.acm.org/author_page.cfm?id=81100638662&coll=DL&dl=ACM&trk=0&cfid=846887855&cftoken=7438881.1 – Загл. с экрана.

87 Automation of cartography at the Mexican studies commission for the national territory [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mapcontext.com/autocarto/proceedings/auto-carto-2/pdf/automation-of-cartography-at-the-mexican-studies-commission-for-the-national-territory.pdf>. – Загл. с экрана.

88 Partial Automation of the Cartographic Design Process [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extendedAbstract/262_proceeding.pdf. – Загл. с экрана.

89 Esri Production Mapping Map Automation and Advanced Cartography [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc15/tech-workshops/tw_769-45.pdf - Загл. с экрана.

90 Del Paradigma De Los Croquis A La Georreferencia Automatizada [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://isbnplus.com/9789800025994> .– Загл. с экрана.

91 Tobler's First Law and Spatial Analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-IV/Miller%20Harvey%20J%20\(2004\)%20Tobler%20s%20first%20law%20and%20spatial%20analysis.pdf](http://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-IV/Miller%20Harvey%20J%20(2004)%20Tobler%20s%20first%20law%20and%20spatial%20analysis.pdf). – Загл. с экрана.

92 Formalization of cartographic edition rules to automate topographic maps quality control [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extendedAbstract/392_proceeding.pdf.– Загл. с экрана.

93 Towards Cartographic Constraint Formalization for Quality Evaluation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-32618-9_7.– Загл. с экрана.

94 Map Style [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mapstyle.ign.fr>. – Загл. с экрана.

95 Towards Cartographic Constraint Formalization for Quality Evaluation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/256703283_Towards_Cartographic_Constraint_Formalization_for_Quality_Evaluation. – Загл. с экрана.

96 Map Style Formalization: Rendering Techniques Extension for Cartography [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01317403/file/paper1004_CRC%20\(1\).pdf](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01317403/file/paper1004_CRC%20(1).pdf). – Загл. с экрана.

97 Visualization in Modern Cartography [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://books.google.ru/books?id=3cPBAAABAJ&pg=PA334&lpg=PA334&dq=formalization+cartography&source=bl&ots=B2ECa5o0Gr&sig=EF4zs59yXHLLc3OFx2PJYKoNOIc&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwjHjnQrr_PAhXB1ywKHdgQAboQ6AEIXjAJ#v=onepage&q=formalization%20cartography&f=false – Загл. с экрана.

98 Steffen Schütte, Jürgen Knies. Ener GeoPlan – Eine domänen speyifische Sprache zur Formalisierung von Raumplanungsregeln für GIS-Systeme [Текст] Bereich Energie OFFIS – Institut für Informatik. – S 1015, 1016.

99 Matthias Ellsiepen. Formalisierung kartographischen Wissens zur Schriftplatzierung in topographischen Karten. – Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor-Ingenieur der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn [Текст] Institut für Kartographie und Geoinformation. – 2001. – S 12,13,23.

100 J. Joubran Abu Daoud, Y. Doytsher. AN AUTOMATED CARTOGRAPHIC GENERALIZATION PROCESS: A PSEUDO-PHYSICAL MODEL [Текст] The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B2. Beijing 2008. – S 419.

101 Dirk Burghardt. Automatisierung der kartographischen Verdrängung mittels Energieminimierung [Текст] Der Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) Dissertation. – Dresden. – 2010. – PP. 10.

102 Kartographisches Wissen. Lexikon der Kartographie und Geomatik [Электронный ресурс] Сайт Spektrum.de. – Режим доступа: http://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/kartographisches-wissen/2756&_druck=1. – Загл. с экрана.

103 Automation and Cartography [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.jstor.org/stable/212211?seq=1#page_scan_tab_contents. – Загл. с экрана.

104 Verlagskartografie/Stadtpläne [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kartographie.de>. – Загл. с экрана.

105 Rolf Plöger. Inventarisierung der Kulturlandschaft mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (GIS). Methodische Untersuchungen für historisch-geographische Forschungsarbeiten und für ein Kulturlandschaftskataster [Текст] Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. – Bonn, 2003. – 478 S.

106 Matthias Ellsiepen. Formalisierung kartographischen Wissens zur Schriftplatzierung in topographischen Karten [Текст] Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn. – Bonn. – 196 p.

107 GIS Programming and Automation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.e-education.psu.edu/geog485/node/30>. – Загл. с экрана.

108 Picture This: A Model for GIS Workflow Automation [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://blogs.esri.com/esri/esritrainingmatters/2012/08/16/picture-this-a-model-for-gis-workflow-automation/>. – Загл. с экрана.

109 Automated Data Acquisition for Integrating Multiple Datasets Using GIS Applications Automation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2012/06/05/automated-data-acquisition-for-integrating-multiple-datasets-using-gis-applications/>. – Загл. с экрана.

110 GIS Automation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prezi.com/aw71egbaisum/gis-automation/>. – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЩЕГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАСШТАБА КАРТЫ (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕМЕНТА ГИДРОГРАФИИ)

Таблица Б.1

Наименование объектов	1:500 1:1000	1:2000 1:5000	1:10000	1:25 000 1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000	1:1 000 000	Способ изображения
Береговые линии определенные	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ линейных знаков
Береговые линии неопределенные	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ линейных знаков

Продолжение таблицы Б.1

Наименование объектов	1:500 1:1000	1:2000 1:5000	1:10000	1:25 000 1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000	1:1 000 000	Способ изображения
Отметки урезов воды	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ значков
Отметки урезов воды	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ значков
Береговые линии непостоянные	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ линейных знаков
Обрывистые берега с пляжем	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ ареалов

Продолжение таблицы Б.1

Наименование объектов	1:500 1:1000	1:2000 1:5000	1:10000	1:25 000 1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000	1:1 000 000	Способ изображения
Обрывистые берега без пляжа	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ линейных знаков
Береговые полосы приливо-отливных морей, озер и водохранилищ	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ ареалов
Границы осыхающих береговых полос	+	+	+	+	+	-	-	-	Способ линейных знаков
Стрелки направления приливных течений	+	+	+	+	+	+	-	-	Способ знаков движения

Продолжение таблицы Б.1

Наименование объектов	1:500 1:1000	1:2000 1:5000	1:10000	1:25 000 1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000	1:1 000 000	Способ изображения
Стрелки направления отливных течений	+	+	+	+	+	+	-	-	Способ знаков движения
Камни в водоемах	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ значков
Скалы надводные	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ значков
Рифы	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ ареалов
Водная растительность	+	+	+	+	+	-	-	-	Способ ареалов
Водоросли	+	+	+	+	+	-	-	-	Способ ареалов

Продолжение таблицы Б.1

Наименование объектов	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000	1:1 000 000	Способ изображения
Изобаты	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ изолиний
Глубины	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ значков
Горизонталы для изображения дна водоемов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ изолиний
Реки и ручьи ширина не выражается в масштабе плана	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ линейных знаков
Направление течения	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ знаков движения
Ширина водотока	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ знаков движения

Продолжение таблицы Б.1

Наименование объектов	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000	1:1 000 000	Способ изображения
Водопады на реках	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ линейных знаков
Пороги на реках, не выражающиеся в масштабе плана	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	Способ линейных знаков
Пороги на реках, выражающиеся в масштабе плана	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	Способ ареалов
Перекаты на реках	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	Способ ареалов
Береговые отмели	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ ареалов
Озера пресные	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ ареалов

Окончание таблицы Б.1

Наименование объектов	1:500 1:1000	1:2000 1:5000	1:10000	1:25 000 1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000	1:1 000 000	Способ изображения
Озера соленые	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ ареалов
Озера горько-соленые	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ ареалов
Границы разливов водных объектов	+	+	+	+	+	-	-	-	Способ линейных знаков
Площади разливов водных объектов	+	+	+	+	+	+	+	+	Способ ареалов
Затопленная растительность	+	+	-	-	-	-	-	-	Способ ареалов