

На правах рукописи

Карманова Мария Владимировна 

Разработка научно-методических основ картографического обеспечения  
региональных органов управления в чрезвычайных ситуациях

25.00.33 – Картография

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Новосибирск – 2022

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

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент  
Комиссарова Елена Владимировна.

Официальные оппоненты:

Ступин Владимир Павлович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии;

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

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

Защита состоится 24 мая 2022 г. в 15-00 на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»: <https://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertationcouncils/dissertations/karmanovamariya-vladimirovna/>

Автореферат разослан 31 марта 2022 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета



Дубровский Алексей Викторович

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 18.03.2022. Формат 60 × 84 1/16.

Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 32.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ

630108, Новосибирск, Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ

630108, Новосибирск, Плеханова, 8.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Актуальность темы исследования.* Задача разработки научно-методических основ картографического обеспечения, предназначенного для организаций, ответственных за защиту населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), – актуальная и своевременная, так как обеспечение целостности комплекса мероприятий по ликвидации последствий ЧС невозможно без применения системного подхода в рамках геопространства чрезвычайной ситуации (ГЧС). Быстро растущая потребность в разнообразном, в том числе и реализующем новые функции, картографическом обеспечении органов управления в ЧС в рамках указанного подхода может быть успешно решена внедрением методов цифровой картографии и геоинформационных технологий картографирования.

Анализ существующих отечественных и зарубежных геоинформационных систем и программных модулей, разрабатываемых для органов управления в ЧС, позволяет утверждать, что несмотря на разнообразие программного обеспечения, предназначенного для геоинформационного анализа ЧС, отсутствуют методики картографирования ЧС и разработки картографического обеспечения, необходимые для работы органов управления в ЧС регионального уровня. Деятельность региональных органов управления в ЧС (РОУ ЧС) имеет свою специфику и, в силу большого количества возложенных на них задач, нуждается в разработке специальных методик картографирования ГЧС, отличных от методик, разрабатываемых для органов управления в ЧС федерального уровня, на обеспечение деятельности которых ориентировано большинство современных разработок в этой области.

Для решения указанной задачи проведено исследование, направленное на разработку научно-методических основ картографического обеспечения РОУ ЧС и методики работы с ним, позволяющих создавать разнообразные, отвечающие современным нормам и решаемым РОУ ЧС задачам карты и служебные картоиды – графические приложения к руководящим документам РОУ ЧС (авторский термин, сформулированный в ходе исследования, определение которого будет дано далее в тексте).

Таким образом, тема диссертационного исследования «Разработка научно-методических основ картографического обеспечения региональных органов управления в чрезвычайных ситуациях» актуальна и своевременна.

*Степень разработанности темы.* Значительный вклад в развитие геоинформационного и тематического картографирования, разработку научно-методических основ и методик создания специализированных ГИС для органов управления в ЧС, прогнозирование возникновения и развития ЧС и концепции ГЧС внесли отечественные ученые: Бешенцев А. Н., Верещака Т. В., Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Лурье И. К., Пьянков С. В., Ступин В. П., Тикунов В. С. и зарубежные: Wachman Ch. W., Griffin A., Konecny M., Peled A.

*Цель и задачи исследования.* Цель – разработка научно-методических основ картографического обеспечения РОУ ЧС и методики работы с ним, основанных на закономерностях существования и развития ГЧС картографируемой территории.

*Основные задачи диссертационного исследования:*

– провести анализ современного состояния существующего картографического обеспечения РОУ ЧС для определения эффективности решения ими задач по защите территорий и населения субъектов Российской Федерации от ЧС с помощью методов картографического и геоинформационного анализов и выявления тенденций развития методов картографирования ЧС;

– сформулировать понятие, разработать терминологический аппарат для картографического обеспечения РОУ ЧС, определить его место в общей классификации географических карт;

– разработать систему критериев анализа и провести исследования существующих методик картографирования ЧС;

– разработать концепцию новой геоинформационной модели ГЧС, которая будет учитывать оценку потенциала влияния объектов на возникновение ЧС;

– провести анализ существующей системы специальных условных обозначений компонентов ГЧС и предложить усовершенствования, повышающие их читаемость и наглядность;

– разработать технологическую схему создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС и провести ее апробацию на примере серии карт и служебных картоидов для органов управления в ЧС г. Барнаула Алтайского края.

*Объектом исследования* является картографическое обеспечение деятельности РОУ ЧС. *Предмет исследования* – научно-методические основы и базовые технические решения создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС.

*Научная новизна исследования:*

– впервые сформулировано понятие и предложен терминологический аппарат для картографического обеспечения РОУ ЧС, определено его место в общей классификации географических карт и разработана его частная классификация, позволяющая упорядочить систему существующих карт и служебных картоидов;

– разработана система критериев анализа и проведены исследования существующих методик картографирования ЧС;

– сформулированы принципы оценки потенциала влияния объектов геопространства на возникновение ЧС с помощью предложенной оппозиционной шкалы оценки потенциала влияния объектов ГЧС и их свойств и предложена ее реализация за счет формирования общего реестра компонентов ГЧС;

– предложены базовые технические решения создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС на основе геоинформационных технологий – цифровая система картографического обеспечения РОУ ЧС и технологическая схема создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС, – для реализации полученных знаний в области разработки картографического обеспечения РОУ ЧС.

*Теоретическая и практическая значимость работы.* Теоретическая значимость заключается в разработке научно-методических основ, базовых технических решений и технологической схемы создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС. *Практическая значимость* заключается в увеличении скорости создания карт и служебных картоидов, повышении их точности,

информативности, а также наглядности и читаемости, за счет автоматизации процессов сбора и хранения информации об объектах ГЧС и использования наборов шаблонов карт и служебных картоидов.

*Методология и методы исследований.* Для решения поставленных задач были использованы базовые понятия и применены методы цифровой картографии, системный подход, методы картографического и геоинформационного анализа, методы сбора и обработки информации, анализ картографических первоисточников и статистических данных, наблюдение, обобщение, группировка и классификация данных. Применен экспериментальный метод. Проведен анкетный онлайн-опрос респондентов методом их случайного отбора.

*Положения, выносимые на защиту:*

– картографическое обеспечение РОУ ЧС позволяет повысить эффективность решения задач гражданской обороны и защиты населения и территорий субъектов Российской Федерации от ЧС с помощью методов картографического и геоинформационного анализов и обеспечить визуализацию процессов, происходящих в ГЧС картографируемой территории;

– научно-методические основы создания картографического обеспечения РОУ ЧС базируются на методах усовершенствования существующей системы условных обозначений и концепции новой трехуровневой кросс-кластерной геоинформационной модели ГЧС, позволяют определить его место в общей классификации географических карт и создать его частную классификацию, что дает возможность повысить эффективность сбора и анализа данных о ГЧС, наглядность и читаемость карт и автоматизировать процесс их создания;

– технологическая схема создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС позволяет реализовать полученные знания в области разработки картографического обеспечения РОУ ЧС.

*Соответствие диссертации паспорту научной специальности.* Тематика диссертации соответствует следующим областям исследований: 8 – Оформление картографических произведений, картографический дизайн; 9 – Геоинформаци-

онное картографирование и компьютерные технологии паспорта научной специальности 25.00.33 – Картография, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России.

Личный вклад автора в исследование заключается в проведении ретроспективного анализа первоисточников карт ЧС, разработке новой трехуровневой кросс-кластерной геоинформационной модели ГЧС, создании методики оценки потенциалов влияния объектов ГЧС на возникновение ЧС, разработке новой системы цветовой дифференциации условных обозначений. Подготовка к публикации в российских рецензируемых научных изданиях работ, содержащих результаты исследования, осуществлялась как самостоятельно, так и в соавторстве.

*Степень достоверности и апробация результатов исследования.* Достоверность исследований подтверждается корректностью результатов апробирования разработанного картографического обеспечения и методики работы с ним для РОУ ЧС Алтайского края. Основные тезисы диссертационного исследования были освещены в научных докладах и получили положительную оценку: на шести международных конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (г. Новосибирск, 2016–2021 гг.); на международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования» (г. Барнаул, 2017 г.); на международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2017» (г. Томск, 2017 г.); на всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цифровая география» (г. Пермь, 2020 г.); на международной конференции «Интер-Карто. ИнтерГИС 27» (г. Апатиты, 2021 г.). Апробация результатов исследований подтверждается внедрением разработанной серии карт и служебных картоидов в работу МКУ «Управление по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям в г. Барнауле», что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

*Публикации по теме диссертации.* Основные результаты исследований представлены в 11 научных работах, из которых две – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, одна – в издании, входящем в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus.

*Структура диссертации.* Общий объем диссертации составляет 151 страницу машинописного текста. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы, включающего 156 наименований, содержит 13 таблиц, 49 рисунков, 7 приложений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Во введении* раскрыты актуальность темы и степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, проведено обоснование научной новизны, теоретической и практической значимости исследования, перечислены основные положения, выносимые на защиту.

*В первом разделе* диссертации проведен анализ современного состояния и задач разработки научно-методических основ картографического обеспечения органов управления в ЧС. Проведен обзор их деятельности и установлена потребность в разнообразном картографическом обеспечении, что позволило сделать вывод о том, что карты являются незаменимым инструментом в решении целого ряда задач, связанных с защитой населения и территорий от ЧС (ЗНиТ от ЧС), таких как анализ и изучение обстановки, складывающейся в зоне ЧС, и применение методов картографического и геоинформационного анализа для решения задач, связанных с прогнозированием и ликвидацией последствий ЧС.

Представлен исторический обзор развития методов картографирования ЧС. Ретроспективный анализ карт ЧС, созданных в разные исторические эпохи на территории современных России, Великобритании, США, Японии и Монголии, позволил проследить этапы формирования на картах первых протоэлементов, предшествующих современным условным обозначениям, описывающим ЧС.

Был сделан вывод о том, что предпосылки зарождения основ картографирования ЧС появляются в Средние века и получают развитие в Новое и Новейшее время. Основные принципы картографирования ЧС окончательно формируются к концу XX – началу XXI в.

Анализ передовой отечественной и зарубежной литературы позволяет утверждать, что в настоящее время накоплен большой опыт в области традиционного и геоинформационного картографирования природных и техногенных ЧС и разработки картографического и геоинформационного обеспечения органов управления в ЧС. В 2012 г. Карпиком А. П. и рядом других авторов введено новое понятие – *геопространство чрезвычайной ситуации* как «ограниченное факторами влияния чрезвычайной ситуации на определенный момент времени множество пространственных объектов, процессов и явлений». ГЧС позволяет выявлять взаимосвязь пространственных объектов и влияние на них происходящих процессов и явлений при помощи геоинформационного анализа. Такой подход кардинально меняет направление исследований в области разработки научно-методических основ картографического обеспечения для органов управления в ЧС любого уровня.

Выполнен обзор существующих основных международных и отечественных ГИС, используемых в повседневной деятельности органов управления МЧС России. Анализ существующего отечественного и зарубежного геоинформационного и картографического обеспечения органов управления в ЧС позволил сделать следующие выводы:

– основные направления исследований направлены на разработку геоинформационного обеспечения для организации оперативной деятельности и принятия решений органами управления в ЧС в целом, не учитывая специфики картографического представления ситуации;

– существующие исследования в области разработки непосредственно картографического обеспечения органов управления в ЧС не рассматривают создаваемые новые виды картографического обеспечения как часть единой системы ГЧС.

Обзор зарубежного и отечественного опыта разработки системы специальных условных обозначений компонентов ГЧС, в рамках которого были изучены карты служб спасения России, Евросоюза, США, Японии и Австралии, позволил сделать вывод о том, что система условных обозначений, используемая в отечественной картографии, нуждается в усовершенствовании, в том числе в разработке более подробной классификации условных обозначений, стандартизации их размеров и усовершенствовании системы цветовой дифференциации.

*Во втором разделе* приведены результаты исследований и разработки научно-методологических основ картографического обеспечения РОУ ЧС.

Для определения потребности РОУ ЧС в картографическом обеспечении исследованы их основные функции и задачи. Сформулировано определение «региональные органы управления в ЧС», объединяющее функции подразделений федеральных, территориальных и функциональных подсистем РСЧС в рамках административных границ субъектов Российской Федерации.

Выполнено исследование предпосылок и современных этапов становления и развития МЧС России и появления руководящих документов, регламентирующих разработку картографического обеспечения органов управления в ЧС в разные исторические периоды, изучение которых позволило проследить постепенную трансформацию методик картографирования ЧС, основанных на традиционных принципах военной картографии, и формирование современных научно-методических основ разработки картографического обеспечения органов управления в ЧС, сформулированных в ГОСТ Р 42.0.03–2016. В ходе исследования было установлено, что существующие методики создания картографического обеспечения, приведенные в ГОСТ Р 42.0.03–2016, не удовлетворяют потребности РОУ ЧС, так как не учитывают всей специфики их работы и большого объема решаемых ими задач по ЗНиТ от ЧС.

Понятию «служебный картоид РОУ ЧС» предложено следующее определение: самостоятельный документ или приложение к руководящему документу

РОУ ЧС, в котором графически на карте или схеме местности с помощью специальных условных обозначений отображается сложившаяся или прогнозируемая обстановка, динамика ее изменений, анализ проводимых спасательных и иных работ и прочие процессы, возникающие в зоне ЧС. Служебный картоид отражает только часть данных о ЧС, которые целесообразно выразить в графическом виде, поэтому, в том случае, когда он является самостоятельным документом, а не графическим приложением к текстовому руководящему документу РОУ ЧС, всегда дополняется сопроводительной запиской с текстовыми или табличными пояснениями.

Исходя из вышеизложенного, были сформулированы понятие и определение картографического обеспечения органов управления в ЧС, в том числе и регионального уровня: *картографическое обеспечение (федеральных, региональных, муниципальных) органов управления в ЧС* – карты и служебные картоиды, применяемые в оперативной и повседневной деятельности (федеральных, региональных, муниципальных) органов управления РСЧС, для решения задач гражданской обороны и защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, а также ликвидации последствий стихийных бедствий. Указано место карт, входящих в картографическое обеспечение органов управления в ЧС, в общей классификации географических карт (рисунок 1).



Рисунок 1 – Предлагаемое место карт, входящих в картографическое обеспечение органов управления в ЧС в общей классификации географических карт

Разработана новая классификация картографического обеспечения региональных органов управления в ЧС, схема оснований классификации которой представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема оснований предложенной классификации картографического обеспечения РОУ ЧС

Разработана система критериев оценки картографического обеспечения региональных органов управления, к которой отнесены: содержание, полнота отображаемой обстановки, информативность и достоверность, знаковость изображений и соответствие знаков специальной системе условных обозначений, генерализованность, системность изображения.

Проведено исследование условных обозначений, применяемых в картографическом обеспечении РОУ ЧС, закрепленных в приложении А ГОСТ Р 42.0.03–2016. По результатам исследования разработаны классификация условных обозначений и система критериев для их анализа. Предложены методы усовершенствования существующей системы условных обозначений с помощью модульной сетки (рисунок 3, а) и шкалы цветовой дифференциации (рисунок 3, б), основанной на ассоциативном восприятии цветов, для составления которой был проведен социологический опрос. При проведении опроса был использован метод онлайн-тестирования с помощью онлайн-сервиса «Google Формы». В опросе принял участие 291 респондент. Сформулированы принципы построения условных обозначений.

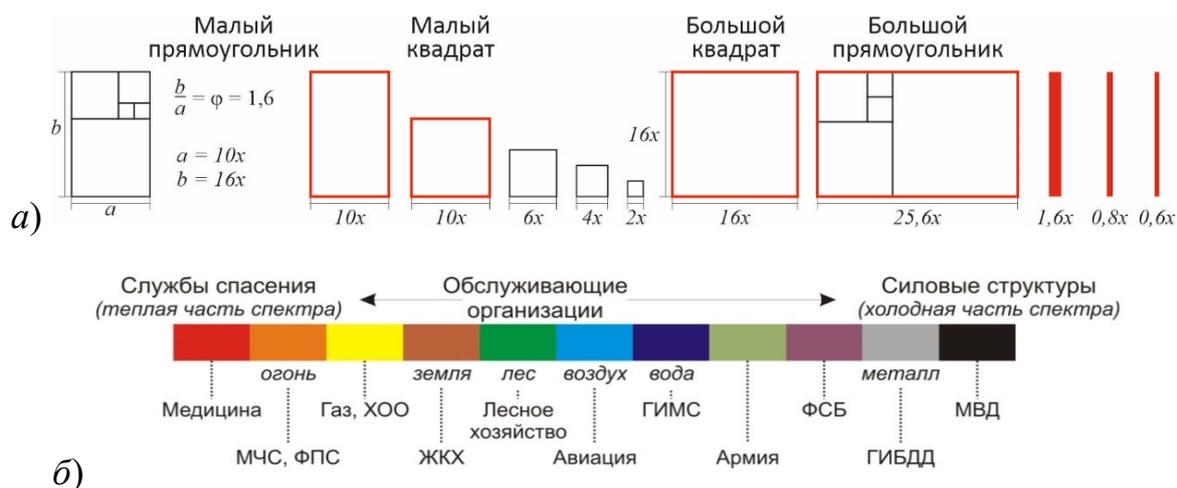


Рисунок 3 – Модульная сетка (а) и шкала цветовой дифференциации (б), предложенные для усовершенствования системы условных обозначений

В третьем разделе проведены исследование и разработка новой концепции трехуровневой кросс-кластерной геоинформационной модели ГЧС, суть которой заключается в следующем.

Для автоматизации процесса создания карт, в полной мере отражающих потенциальную и складывающуюся обстановку в зоне возможных ЧС, используемых различными подразделениями, предложено создание цифровой системы картографического обеспечения РОУ ЧС (ЦСКО). Для ее создания был проведен анализ источников информации с места ЧС и разработан алгоритм сбора информации с места ЧС региональными органами управления в ЧС, включающий региональный, муниципальный и местный (объектовый) уровни. Алгоритм позволяет проиллюстрировать процесс работы РОУ ЧС и проанализировать возможность разработки новых видов картографического обеспечения региональных, муниципальных и объектовых органов управления в ЧС для каждого этапа работы до, во время и после возникновения ЧС.

Проведены анализ свойств ГЧС и разработка методики оценки ее элементов. Из определения ГЧС следует то, что оно является частью общего геопространства, значит, будет включать некоторые его компоненты. При этом данные компоненты будут объединены одним принципом: все они в той или иной мере могут быть задействованы в процессе формирования ЧС. Даже в том случае, когда

ЧС не возникает, в совокупности они продолжают нести потенциальную угрозу. Таким образом в ходе исследования были сформулированы два свойства ГЧС:

*1-е свойство ГЧС* – множество компонентов ГЧС является частью общего множества компонентов геопространства;

*2-е свойство ГЧС* – для ГЧС характерно два состояния: *потенциальное* – когда ЧС еще не наступило, но взаимосвязь компонентов ГЧС несет потенциальную угрозу возникновения ЧС; *реализованное* – когда взаимосвязь компонентов ГЧС приводит непосредственно к возникновению ЧС.

*Потенциальное состояние ГЧС* реализуется на прогнозных картах, а *реализованное* – на оперативных и ретроспективных.

Исследование 9 593 событий, вызванных природными и техногенными причинами и произошедших на территории г. Барнаула Алтайского края, показали, что интерес представляют только те объекты ГЧС и только те их свойства, которые:

– могут стать причиной возникновения ЧС (либо косвенно повлиять на ухудшение ситуации);

– могут стать средством спасения (или смягчить последствия ЧС).

Для оценки влияния компонентов геопространства и их свойств на формирование условий ЧС в рамках диссертационного исследования был введен критерий – потенциал влияния  $P_g$ . Для оценки  $P_g$  разработана оппозиционная шкала оценки потенциала влияния объектов ГЧС и их свойств (рисунок 4), согласно которой значение 2 присваивается компоненту геопространства или его свойству, являющемуся средством спасения; значение минус 2 – причине ЧС, а промежуточные значения минус 1 и 1 – компонентам и их свойствам, оказывающим косвенное влияние на развитие событий.



Рисунок 4 – Оппозиционная шкала оценки потенциала влияния объектов ГЧС и их свойств

Компоненты геопространства, которым присваивается нулевое значение, не являются компонентами ГЧС и, следовательно, не являются объектом картографирования ГЧС. В базу семантических данных также помещаются только информация о тех свойствах компонентов ГЧС, для которых  $P_g \neq 0$ .

Такой подход позволяет, анализируя каждый компонент геопространства и его свойства, сформировать семантическую базу данных и определить наполнение пространственной базы данных, устранив избыточность информации. Усовершенствование шкалы возможно при проведении более детальных исследований свойств компонентов ГЧС.

ГЧС можно представить как некоторое множество  $G \subset E$ , элементами которого ( $g$ ) являются только те компоненты геопространства  $E$ , для которых  $P_g \neq 0$ , при этом в первую очередь картографируются компоненты  $g$ , для которых  $|P_g| = 2$ . Таким образом, каждому элементу  $g \in G$  соответствует кортеж

$$g \leftrightarrow \langle K, T, P_g, S \rangle, \quad (1)$$

где  $K$  – множество значений координат  $(x, y, H)$  места положения компонента в  $G$  в различные значения времени  $t$ ;

$T$  – множество значений времени, в которые отмечались изменения объекта (момент возникновения существования объекта, моменты перемещения объекта или изменения его характеристик, момент прекращения его существования);

$P_g$  – коэффициент потенциала влияния объекта на  $G$ ;

$S$  – множество характеристик компонента ГЧС, для которых  $P_g \neq 0$  (семантические данные).

Анализ информации, содержащейся в изученных документах, показал, что все  $g$  ( $g \in G$ ) можно разделить на три большие группы:

–  $A_{\text{баз}} \Leftrightarrow \forall g \in A_{\text{баз}}, A_{\text{баз}} \subset G$ , где  $A_{\text{баз}}$  – множество базовых пространственных и семантических данных о свойствах физических объектов, неизменных на протяжении нескольких лет;

–  $A_{\text{спец}} \Leftrightarrow \forall g \in A_{\text{спец}}, A_{\text{спец}} \subset G$ , где  $A_{\text{спец}}$  – множество *специальных пространственных и семантических данных о состоянии, свойствах и функциях объектов*, которые могут быстро измениться в течение короткого времени, полученных при взаимодействии подсистем РСЧС;

–  $A_{\text{опер}} \Leftrightarrow \forall g \in A_{\text{опер}}, A_{\text{опер}} \subset G$ , где  $A_{\text{опер}}$  – множество *оперативных пространственных и семантических данных о состоянии, свойствах и функциях объектов*, которые появляются или изменяются в период возникновения ЧС и происшествий, полученных непосредственно с места ЧС.

Исследование объектов ГЧС позволяет выделить кластерные группы – множества данных  $Cl_{1,\dots,n} \subset E$ . Кластерные группы образуют все отрасли человеческой деятельности, объекты которых попадают в зону ЧС либо взаимодействуют друг с другом для организации действий по ликвидации последствий ЧС. Так как компоненты кластеров связаны с физическими (здания администраций, филиалов, школ, котельных и т. д.) или абстрактными (границы районов выезда подразделений, границы зоны действия полномочий и т. д.) пространственными объектами, то в ГЧС кластеры будут пересекаться, образуя *кросс-кластерные пересечения*.

Таким образом, новая концепция геоинформационной модели ГЧС будет описывать три уровня ( $A_{\text{баз}}, A_{\text{спец}}$  и  $A_{\text{опер}}$ ), образующих ее горизонтальную структуру, и пересекающиеся кластерные группы ( $Cl_{1,\dots,n}$ ), образующие ее вертикальную структуру.

Физически в геопространстве  $E$  границы ГЧС регионального уровня, совпадают с границами субъекта РФ, а границы кластерных групп совпадают с зонами распространения их юрисдикции: границы зон ответственности подразделений, границы кадастровых участков объектов экономики и т. д. Такая модель описывает *потенциальное состояние* ГЧС:

$$G = (A_{\text{баз}}, A_{\text{спец}}, A_{\text{опер}}, Cl_{1,\dots,n}). \quad (2)$$

Место возникновения ЧС – *реализованное состояние ГЧС*, можно описать набором координат  $(x, y, t)$ , и охарактеризовать как  $Ch$  – *область вхождения ЧС в ГЧС*:

$$Ch = A_{\text{баз}} \cap A_{\text{спец}} \cap A_{\text{опер}} \cap Cl_{1,\dots,n}. \quad (3)$$

На рисунке 5 показана визуализация структуры предложенной концепции трехуровневой кросс-кластерной геоинформационной модели ГЧС с  $Ch$ .

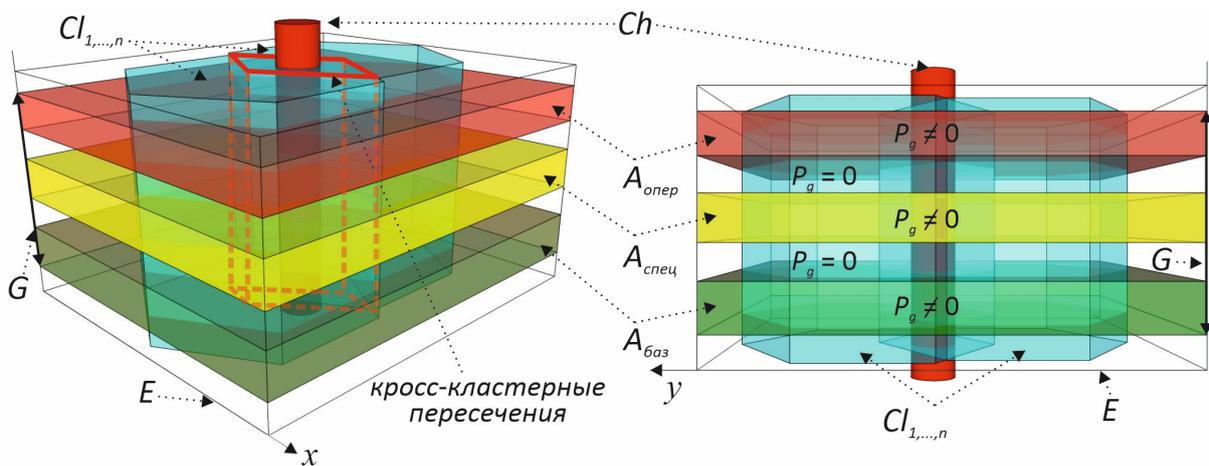


Рисунок 5 – Структура предлагаемой концепции трехуровневой кросс-кластерной геоинформационной модели ГЧС

На основе сформулированной концепции ГЧС предложена информационная модель классификатора слоев картографического обеспечения и схема уровней предлагаемой реляционной базы данных и их связь с классификатором слоев.

Предлагаемая геоинформационная модель может быть реализована с помощью цифровой системы картографического обеспечения РОУ ЧС (ЦСКО). В тексте диссертационного исследования предложена ее обобщенная функциональная схема и дается определение.

На основе анализа существующих ГИС, используемых в органах управления в ЧС, была разработана их классификация и указано их место в общей классификации ГИС по Лисицкому Д. В., а также сделан вывод об отсутствии в ней

ЦСКО, основанных на геоинформационных моделях ГЧС, следовательно, можно утверждать, что предлагаемая ЦСКО является новым видом геоинформационного обеспечения. Описаны ее основные функции и приведена обобщенная функциональная схема.

Разработана система анализа и оценки инструментальных ГИС, на основе которой был сделан вывод о том, что для реализации ЦСКО региональных органов управления подходят полнофункциональные ГИС, с гибридной (растрово-векторной) организацией пространственных данных, с возможностью оцифровки данных и формированием макетов карт, совместимые с СУБД. Сформулированы основные критерии анализа и оценки СУБД, критерии анализа и оценки разрабатываемых специальных мобильных приложений, с помощью которых может быть упрощена и автоматизирована обработка данных с места ЧС.

В четвертом разделе проведены разработка и апробация научно-методологических основ и методики создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС. Данная методика представлена в виде упрощенной технологической схемы, состоящей из четырех блоков (рисунок 6).



Рисунок 6 – Упрощенная технологическая схема создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС

Апробация методики создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС проводилась на базе работы МКУ «Управление по делам ГО ЧС в г. Барнауле» в период с января 2019 г. по февраль 2021 г. На рисунке 7 приведены некоторые примеры полученных картографических документов. Более детально с их описанием можно ознакомиться в тексте диссертации.

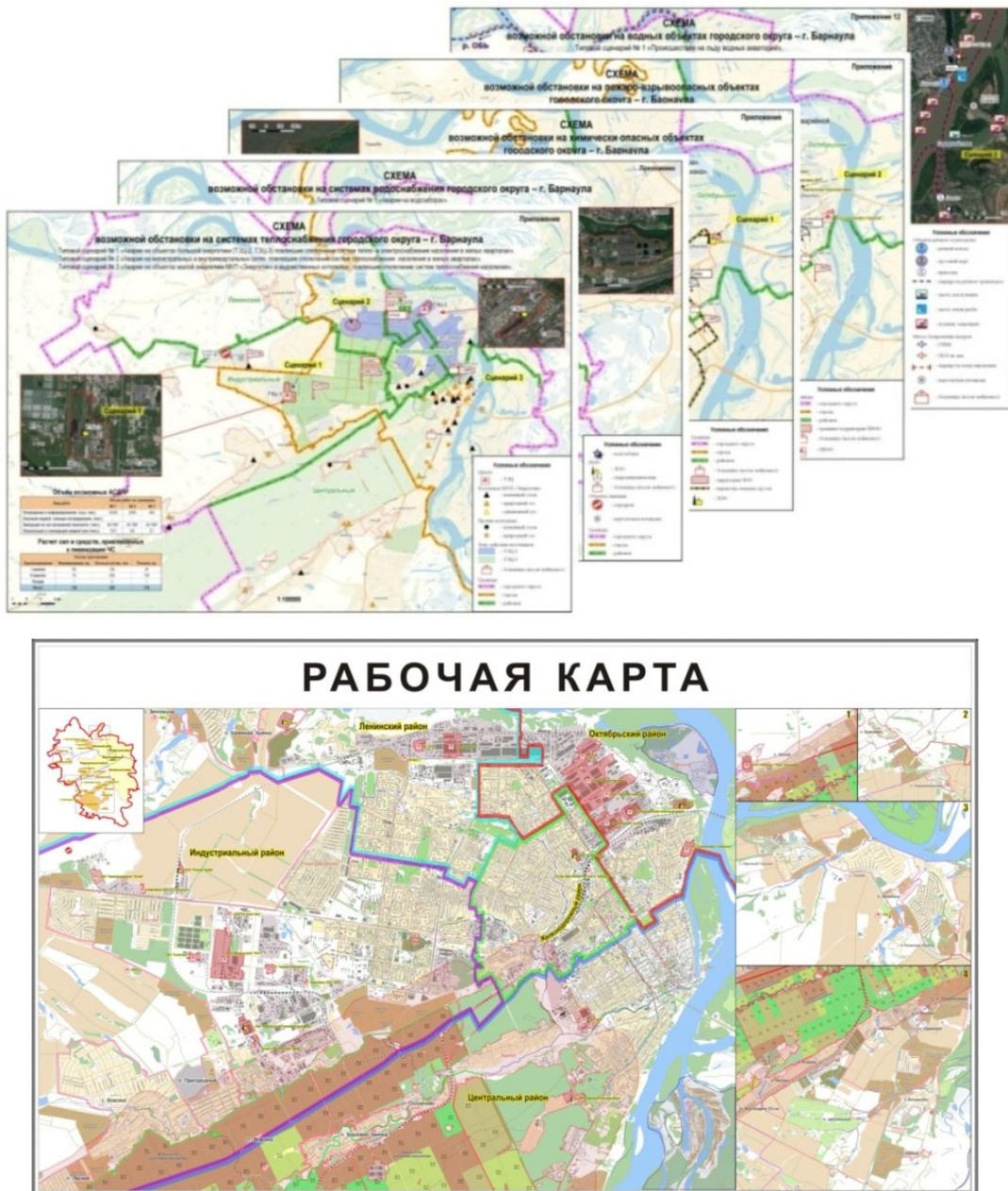


Рисунок 7 – Примеры карт, полученных в результате проведения апробации методики создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования была достигнута поставленная цель: разработаны научно-методические основы картографического обеспечения РОУ ЧС и методика работы с ними.

Основные результаты исследования заключаются в следующем.

1 Выполнен аналитический обзор современного состояния картографического обеспечения РОУ ЧС, на основе которого были определены тенденции развития картографирования ЧС.

2 Сформулированы понятие, сущность и разработан терминологический аппарат для картографического обеспечения РОУ ЧС, определено его место в общей классификации географических карт и разработана его частная классификация, позволяющая упорядочить систему существующих картографических документов и определить в ней место новых разработок.

3 Разработана система критериев анализа существующих методик картографирования ЧС и по ним проведено исследование существующих методик, на основе которого разработаны научно-методические основы картографического обеспечения РОУ ЧС, позволяющие отобразить систему компонентов ГЧС и связей между ними в рамках концепции новой трехуровневой кросс-кластерной геоинформационной модели ГЧС, формирование уровней и кластеров которой обеспечивается за счет отбора объектов геопространства по итогам оценки их потенциала влияния на возникновение ЧС с помощью предложенной оппозиционной шкалы оценки потенциала влияния объектов ГЧС и их свойств, а реализация возможна за счет создания нового вида геоинформационного обеспечения – ЦСКО РОУ ЧС.

4 Предложены методы усовершенствования существующей системы условных обозначений с помощью модульной сетки и шкалы цветовой дифференциации, повышающих наглядность и читаемость знаков.

5 Предложена технологическая схема создания и использования картографического обеспечения РОУ ЧС и выполнена апробация методики работы с ней

на примере серии картографических документов для органов управления в ЧС г. Барнаула Алтайского края.

Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть использованы для решения задач гражданской обороны и защиты населения и территорий субъектов Российской Федерации от ЧС. Внедрение результатов позволит автоматизировать процессы сбора и хранения информации о ГЧС картографируемой территории и автоматизировать процессы создания, хранения и актуализации картографических документов РОУ ЧС.

Перспективы развития исследований заключаются в применении полученных научно-методических основ для создания картографического обеспечения муниципальных и объектовых органов управления в ЧС; в использовании трехуровневой кросс-кластерной модели ГЧС для оценки влияния ее компонентов на кадастровую стоимость объектов недвижимости; в усовершенствовании системы условных обозначений ЧС; в усовершенствовании оппозиционной шкалы оценки потенциала влияния объектов ГЧС и их свойств и создании реестров объектов ГЧС; в разработке методик создания разнообразных картографических документов РОУ ЧС; в разработке региональных геопорталов для обмена данными между организациями, участвующими в ликвидации последствий ЧС.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Карманова, М. В. Разработка условных обозначений для цифровой системы картографического обеспечения / М. В. Карманова, Е. В. Комиссарова. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24. – № 1. – С. 97–118. – DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-1-97-118.

2 Карманова, М. В. Разработка научно-методических основ картографического обеспечения региональных органов управления в чрезвычайных ситуациях /

М. В. Карманова. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26. – № 6. – С. 66–77. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-6-66-77.

3 Карманова, М. В. Картографическое обеспечение организации оперативных действий в зоне наводнения на основе оперативных донесений региональных органов управления в чрезвычайных ситуациях / М. В. Карманова, Е. В. Комиссарова. – Текст : непосредственный // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : материалы Междунар. конф. – Москва : Географический факультет МГУ. – 2021. – Т. 27. – Ч. 1. – С. 85–98. – DOI 10.35595/2414-9179-2021-1-27-85-98.

4 Карманова, М. В. Основные аспекты разработки ГИС для автоматизации принятия решений по тушению природных пожаров на территориях муниципальных образований Алтайского края / М. В. Карманова. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр., 18–22 апреля 2016 г., Новосибирск : 7-я Международная конференция «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 16–21.

5 Карманова, М. В. Применение ГИС-модели территории для комплексного анализа условий возникновения природных пожаров на примере территории Алтайского края / М. В. Карманова, С. Ю. Гортман. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля 2017 г., Новосибирск : 8-я Международная конференция «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – С. 33–37.

6 Карманова, М. В. Разработка паспорта безопасности территории муниципального образования субъекта Российской Федерации на основе ГИС-модели края / М. В. Карманова. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-

2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля 2017 г., Новосибирск : 8-я Международная конференция «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – С. 38–42.

7 Карманова, М. В. Преимущества использования цифровой системы картографического обеспечения для разработки карт эвакуации населения при угрозе подтопления в Алтайском крае / М. В. Карманова. – Текст : непосредственный // Избранные труды международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования», Барнаул, 14–17 ноября, 2017. – Барнаул : Алт. гос. ун-т, 2017. – Ч. 2. – С. 35–42.

8 Карманова, М. В. Многоуровневая кросс-кластерная информационная модель как основа цифровой системы картографического обеспечения региональных органов управления чрезвычайными ситуациями / М. В. Карманова. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр., 23–27 апреля 2018 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 243–252.

9 Карманова, М. В. Особенности картографирования командных пунктов управления на картах служб спасения регионального уровня / М. В. Карманова, Е. В. Комиссарова. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск : сб. материалов в 9 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. – № 2. – С. 205–215. – DOI 10.3374/2618-981X-2019-1-2-205-215.

10 Карманова, М. В. Концепция разработки мобильных приложений для картографирования зон чрезвычайных ситуаций и происшествий / М. В. Карманова. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Междунар. науч. конгр., 18 июня – 8 июля 2020 г., Новосибирск : сб. материалов

в 8 т. Т. 1 : Национальная науч. конф. с международным участием «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – № 2. – С. 68–74. – DOI 10.33764/2618-981X-2020-1-2-68-74.

11 Карманова, М. В. Использование данных цифровой системы картографического обеспечения региональных органов управления ЧС для определения условий возникновения ЧС и происшествий / М. В. Карманова, Е. В. Комиссарова. – Текст : непосредственный // Цифровая география. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. – Пермь, 2020. – Т. 1. – С. 81–83.