Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ» (МИИГАиК)

На правах рукописи



Логинов Дмитрий Сергеевич

РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ И МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ)

1.6.20. Геоинформатика, картография

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант –
доктор экономических наук,
кандидат технических наук, доцент
Камынина Надежда Ростиславовна

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 9

1 СОСТОЯНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 18

1.1 О научно-технической деятельности и ее обеспечении пространственными данными 18

1.2 Отечественный опыт картографического обеспечения научно-технической деятельности 22

1.2.1 Периодизация развития отечественного картографического обеспечения 22

1.2.2 Национальная система пространственных данных как современный этап реализации картографического обеспечения отраслей экономики 36

1.2.3 Картографическое обеспечение как предмет диссертационных исследований 37

1.2.4 Геоинформационное обеспечение как предмет диссертационных исследований 41

1.3 Методологические проблемы картографического обеспечения научно-технической деятельности 43

1.3.1 Проблема многообразия современных результатов картографического обеспечения научно-технической деятельности 43

1.3.2 Проблемы понятийного аппарата картографического обеспечения научно-технической деятельности 47

Выводы по первому разделу 51

2 ОСНОВЫ АКТУАЛИЗАЦИИ МЕТОДОЛОГИИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 52

2.1 Моделирование взаимодействий картографического и геоинформационного обеспечения научно-технической деятельности 52

2.1.1 Подходы к взаимодействию картографического и геоинформационного обеспечения научно-технической деятельности 52
2.1.2 Потенциал симбиотического подхода к актуализации картографического обеспечения научно-технической деятельности 61
2.2 Систематизация результатов картографического обеспечения как мера актуализации его методологических принципов 63
2.3 Совершенствование методологических принципов картографического обеспечения научно-технической деятельности 68
2.3.1 Систематизация отечественных и зарубежных подходов к пониманию картографического обеспечения 68
2.3.2 Поликонцептуальность современной картографии как теоретическая основа нового методологического принципа картографического обеспечения 75
2.3.3 Новый методологический принцип системности картографического обеспечения научно-технической деятельности 79
2.3.4 Картографическое обеспечение как системный процесс картографии 81
Выводы по второму разделу 85
3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 86
3.1 Понятийный аппарат системы картографического обеспечения научно-технической деятельности 86
3.2 Концептуализация системы картографического обеспечения научно-технической деятельности 88
3.2.1 Компоненты системы картографического обеспечения научно-технической деятельности 88
3.2.2 Концептуальная модель системы картографического обеспечения 92

3.2.3 Функции системы картографического обеспечения научно-технической деятельности 97
3.3 Аспекты картографического обеспечения как проявление эмерджентных свойств системы 101
3.3.1 Коммуникационный аспект 103
3.3.2 Пользовательский и исполнительский аспекты 106
3.3.3 Образовательный аспект 107
3.4 Преимущества концептуальной модели системы картографического обеспечения научно-технической деятельности 108
Выводы по третьему разделу 113
4 МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 114
4.1 Научно-методические основы формализации технического аспекта картографического обеспечения научно-технической деятельности 114
4.1.1 О технических процедурах картографического обеспечения 114
4.1.2 Сценарии взаимодействия геоинформационных систем и специализированных программных комплексов 115
4.1.3 Веб-технологии как элемент цифрового картографического производства 119
4.1.4 Методико-алгоритмический аппарат выбора технических средств картографического обеспечения 122
4.2 Научно-методические основы формализации выбора результатов и системного процесса картографического обеспечения 123
4.2.1 О преобразованиях цифровых картографических и геоинформационных продуктов 123
4.2.2 Методико-алгоритмический аппарат выбора результата картографического обеспечения 127
4.2.3 Формализация системного процесса картографического обеспечения научно-технической деятельности 130

4.3 Научно-методические основы оценки уровня реализации картографического обеспечения научно-технической деятельности..... 133

4.3.1 Принцип историзма при оценке уровня реализации картографического обеспечения научно-технической деятельности 133

4.3.2 Методико-алгоритмический аппарат оценки уровня реализации картографического обеспечения научно-технической деятельности 138

4.3.3 Методика оценки востребованности картографических работ с пространственными данными..... 143

4.4 Методология исследования картографического обеспечения научно-технической деятельности..... 146

Выводы по четвертому разделу 150

5 СИСТЕМА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ 152

5.1 Историческая основа формирования системы картографического обеспечения недропользования 153

5.2 Картографические работы в составе топографо-геодезического обеспечения геолого-геофизических исследований..... 155

5.3 Научно-методическое обоснование перехода к системному картографическому обеспечению этапов геолого-геофизических исследований 157

5.4 Приложение теории и методологии системы картографического обеспечения недропользования 159

5.4.1 Терминологический аппарат системы картографического обеспечения недропользования..... 160

5.4.2 Подсистемы картографического обеспечения недропользования 163

5.4.3 Оценка текущей реализации картографического обеспечения недропользования 167

5.4.4 Разработка программы модернизации системы картографического обеспечения недропользования 170
Выводы по пятому разделу 177
6 ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ 178
6.1 Методическая подготовка единого геоинформационного пространства технологических этапов геолого-геофизических исследований 178
6.1.1 Разработка структуры базы пространственных данных 178
6.1.2 Разработка структуры и содержания ГИС-проектов картографического обеспечения геологоразведочных работ 181
6.1.3 Комплексный анализ пространственных данных при реализации государственных программ недропользования 185
6.2 Совершенствование технико-методических вопросов цифрового геолого-геофизического картографирования 187
6.2.1 Технические аспекты разработки элементов содержания цифровых карт геофизических полей 187
6.2.2 Разработка программных модулей для автоматизации составления и оформления цифровых геофизических карт 191
6.2.3 Создание прогнозно-минерагенических карт по открытым геолого-геофизическим данным в ГИС-среде 195
6.3 Совершенствование технико-методических вопросов картографического и геоинформационного моделирования объектов недропользования 199
6.3.1 Комплексный анализ данных дистанционного зондирования Земли и морской сейсморазведки для оценки перспектив нефтегазоносности акваторий 199
6.3.2 Геоинформационное моделирование геолого-геофизической изученности 205
Выводы по шестому разделу 210

7 МОДЕРНИЗАЦИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОСЕРВИСОВ 211

7.1 Разработка веб-технологических решений картографического обеспечения полевых этапов геофизических исследований 211

7.1.1 Концептуальная модель картографического мониторинга выполнения полевых геофизических исследований 211

7.1.2 Организационно-технические основы разработки веб-сервиса картографического мониторинга полевых геофизических исследований 216

7.1.3 Картографические основы разработки веб-сервиса картографического мониторинга полевых геофизических исследований 220

7.1.4 Апробация веб-сервисов картографического мониторинга полевых геофизических исследований 224

7.2 Разработка технологических решений картографического обеспечения камеральных этапов геофизических исследований на основе веб-технологий 227

7.2.1 Структура окна взаимодействия веб-сервисов: схемы и формализация их выбора 227

7.2.2 Веб-картографическое изображение: состав и особенности выбора пространственных данных 231

7.2.3 Апробация веб-сервисов картографического мониторинга камеральных геофизических исследований 234

7.3 Технико-методические вопросы обеспечения веб-картографического доступа к архиву изученности геолого-геофизическими работами организации 239

7.3.1 Технологическое решение подготовки веб-сервиса архива изученности в ходе геолого-геофизических работ организации 239

7.3.2 Апробация веб-сервиса архива изученности в ходе геолого-геофизических работ организации 244
Выводы по седьмому разделу 249
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 250
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 253
ПРИЛОЖЕНИЕ А 293
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 303
ПРИЛОЖЕНИЕ В 308
ПРИЛОЖЕНИЕ Г 312
ПРИЛОЖЕНИЕ Д 314

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В соответствии с Концепцией технологического развития на период до 2030 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-р (ред. от 21.10.2024) [164], создание новых форм интеграции научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности (далее – научно-технической деятельности) необходимо для достижения технологического суверенитета Российской Федерации. Формирование межотраслевых взаимодействий требует методологических, информационных, технических и иных ресурсов для решения прикладных задач научно-технической деятельности на глобальном, региональном и локальном уровне. Одним из средств взаимодействия в настоящее время служит Национальная система пространственных данных (НСПД), в которой картографическое обеспечение занимает особое место *как практическое направление использования методов картографии* для принятия исследовательских и хозяйственно-управленческих решений с помощью цифровых картографических и геоинформационных продуктов.

Картографическое обеспечение исторически вносит весомый вклад в развитие отраслей экономики Российской Федерации, однако в текущих условиях цифровизации и интеллектуализации наук о Земле состав подготавливаемой картографической продукции и требования к ней претерпевают существенные изменения. Современные цифровые картографические и геоинформационные продукты вступают в противоречие с методологическими принципами, установленными в 1980-х гг. в рамках модельно-познавательной концепции картографии и рассматривающими картографическое обеспечение исключительно с позиций подготовки общегеографических, тематических карт и атласов. Сохранение текущих подходов к его содержанию приводит к неустойчивому пониманию состава и механизмов взаимодействия картографии и геоинформатики с новыми технологическими направлениями создания и использования пространственных данных, ведет к ослаблению их роли в развитии приоритетных технологий и отраслей экономики Российской Федерации. Так, для принятия решений используется оперативная ви-

зуализация данных без подготовки картографических материалов, а результаты обработки, картографической визуализации и публикация пространственных данных становятся предметом геоинформационного и иных (в том числе производных и смешанных) видов обеспечения научно-технической деятельности. В этой связи в теории картографии необходимо решить *крупную научную проблему – несоответствия методологических принципов картографического обеспечения современному концептуальному и технологическому уровню развития методов картографии и геоинформатики*.

Сформулированные в диссертационном исследовании теоретико-методологические основы системы картографического обеспечения научно-технической деятельности (далее также – КО НТД) обладают потенциалом для удовлетворения текущих потребностей науки, техники и производства в средствах анализа, визуализации и доступе к пространственным данным, подготовленных на их основе информационных ресурсах, включая цифровые картографические и геоинформационные продукты в составе НСПД. К числу стратегических сфер научно-технической деятельности с высоким потенциалом использования пространственных данных для разработки на их основе продуктов и услуг [191] относится недропользование, направленное на реализацию государственных программ изучения недр, устойчивое развитие и воспроизводство минерально-сырьевой базы страны. Апробация теоретико-методологических основ картографического обеспечения и технологических решений, основанных на системном подходе, позволит модернизировать цифровое картографическое производство для удовлетворения потребностей недропользования в средствах визуализации и доступе к геологической информации при выполнении геологоразведочных работ в текущих условиях постепенного исчерпания запасов разрабатываемых месторождений углеводородного сырья и твердых полезных ископаемых [168].

Степень разработанности темы определяется наличием как отечественных, так и зарубежных научных публикаций в области картографического и геоинформационного обеспечения природопользования и недропользования как приоритетных отраслей экономики Российской Федерации. Диссертационное ис-

следование опирается на теоретические наработки ведущих ученых, внесших значительный вклад в развитие отечественной (Асланикашвили А. Ф., Батуева А. Р., Берлянта А. М., Верещаки Т. В., Карпика А. П., Лисицкого Д. В., Лурье И. К., Лютого А. А., Салищева К. А., Тикунова В. С., Янкелевич С. С. и др.) и зарубежной картографии (Fraser Taylor D. R., Gartner G., Konečný M., Kraak M.-J., MacEachren A., Moellering H., Ormelling F. и пр.). Современное состояние картографического обеспечения различных сфер научно-технической деятельности отражено в трудах научных коллективов Института географии РАН (г. Москва, г. Иркутск), Института географии Алтайского государственного университета (г. Барнаул), картографического факультета МИИГАиК, кафедры картографии и геоинформатики географических факультетов Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Пермского государственного национального исследовательского университета (ПГНИУ), Сибирского государственного университета геосистем и технологий (СГУГиТ) и др. Вопросы применения геоинформационного и веб-картографирования в недропользовании проанализированы в публикациях научных коллективов Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А. П. Карпинского, Всероссийского научно-исследовательского геологического нефтяного института, Российского федерального геологического фонда и др.

Результаты библиографического анализа иллюстрируют наличие большого количества отечественных публикаций по картографическому обеспечению отдельных сфер научно-технической деятельности, в которых освещаются вопросы создания преимущественно тематических картографических произведений. Однако отсутствует обобщение накопленного опыта сопровождения отраслей экономики картографическими материалами; редкие исследования посвящены всестороннему рассмотрению картографического обеспечения как системного процесса и его роли в картографии. В этой связи настоящая работа – первая попытка систематизировать отечественный и зарубежный опыт использования методов картографии и геоинформатики при решении прикладных задач научно-технической

деятельности с позиций системного анализа и современных концепций картографии.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования являются разработка теоретико-методологических основ системы КО НТД и их апробация в недропользовании как стратегической отрасли экономики Российской Федерации.

Для достижения цели требуется решить *следующие основные научно-технические задачи*:

– выполнить анализ, систематизацию и обобщение опыта отечественного и зарубежного картографического обеспечения природопользования, недропользования и иных сфер научно-технической деятельности; установить текущие методологические проблемы и модели взаимодействия с другими видами обеспечения пространственными данными;

– сформировать понятийный аппарат и научно обосновать новый методологический принцип системности КО НТД, направленный на сопровождение принятия исследовательских и хозяйственно-управленческих решений с помощью создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов;

– сформулировать основные положения и концептуальную модель системы КО НТД;

– разработать научно-методический аппарат для формализации основных положений системы КО НТД;

– разработать систему технологических решений в области автоматизации цифрового картографического производства, геоинформационного картографирования, визуализации пространственных данных и разработки геосервисов для сопровождения принятия решений при выполнении геологоразведочных работ в недропользовании как стратегической сфере научно-технической деятельности Российской Федерации.

Объект исследования – теоретико-методологические основы создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов для

решения прикладных задач научно-технической деятельности. *Предмет исследования* – системный процесс картографического обеспечения недропользования.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

– в результате впервые выполненной систематизации отечественного и зарубежного опыта картографического обеспечения различных сфер научно-технической деятельности выявлены этапы его развития, модели взаимодействия с другими видами обеспечения, позволяющие разрабатывать методологию системы картографического обеспечения различных сфер научно-технической деятельности;

– предложен новый методологический принцип системности КО НТД, рассматривающий его *как систему*, взаимодействия компонентов которой реализуют *процесс* картографического обеспечения на современном концептуальном и технологическом уровне развития методов создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов на основе пространственных данных;

– впервые разработанная концептуальная модель системы КО НТД позволяет сформировать научно-методический аппарат формализации ее теоретических положений для описания состава и взаимодействий базовых компонентов системы при реализации текущих и прогнозировании новых сценариев системной подготовки современных цифровых картографических и геоинформационных продуктов;

– на основе впервые предложенной концептуальной модели системы картографического обеспечения недропользования разработаны методико-алгоритмические и технологические решения, позволяющие в едином цикле цифрового картографического производства создавать геоинформационные и веб-картографические продукты для реализации задач государственных программ геологического изучения недр и иных мероприятий недропользования в Российской Федерации и за рубежом.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость диссертации состоит в развитии и формализации основных положений но-

вого методологического принципа КО НТД, который расширяет теоретические представления о нем *как о системе и процессе*, что делает возможным научно обоснованное использование методов картографии и геоинформатики в условиях цифровизации и интеллектуализации наук о Земле и отраслей экономики.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные теоретические и методологические основы системы КО НТД позволяют разрабатывать новые технологические решения цифрового картографического производства, принимать исследовательские и хозяйственно-управленческие решения при реализации государственных программ устойчивого развития, экономической и энергетической безопасности Российской Федерации с помощью современных цифровых картографических и геоинформационных продуктов.

Методология и методы исследования. В основу исследования положены общенаучные методы: системный подход и сравнительный анализ. Специальные методы картографического, геоинформационного моделирования и картографирования использованы при разработке новых технологических решений в области подготовки и применения цифровых картографических и геоинформационных продуктов с помощью геоинформационных и веб-технологий. Принципы системного анализа, историзма, формализации методологических и технологических операций учитывались при формировании научно-методического аппарата системы КО НТД.

Положения, выносимые на защиту:

– новый методологический принцип системности КО НТД, рассматривающий его как систему, компоненты которой обеспечивают выполнение задач научно-технической деятельности с помощью цифровых картографических и геоинформационных продуктов, устраняет текущее несоответствие методологических подходов современному концептуальному и технологическому уровню развития и взаимодействия картографии и геоинформатики с другими областями знаний;

– разработанный понятийный аппарат и концептуальная модель системы КО НТД закладывают теоретические основы формализации ее положений для

применения картографических и геоинформационных методов анализа и моделирования пространственных объектов на современном уровне;

– теоретические и методологические основы системы картографического обеспечения недропользования позволяют разрабатывать новые технологические решения в области автоматизации цифрового картографического производства, геоинформационного картографирования объектов недропользования и визуализации пространственных данных для выполнения государственных программ геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы;

– методико-алгоритмический аппарат и технологические решения, связанные с использованием веб-технологий в КО НТД, способствуют разработке геосервисов и цифровых картографических продуктов, направленных на выполнение полевых и камеральных этапов геологоразведочных работ на территории и в акватории Российской Федерации и других стран.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует следующим областям исследования, включенным в паспорт научной специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография, подготовленный экспертным советом ВАК при Минобрнауки России: «1. Общие вопросы и теоретические концепции геоинформатики и картографии. Взаимодействие геоинформатики и картографии с другими областями знаний»; «7. Картографические и геоинформационные методы и технологии анализа пространственных данных, моделирования пространственных явлений, объектов, процессов, отношений и систем»; «12. Методы и технологии визуализации пространственных данных. Создание анимационных, виртуальных геоизображений и других мультимедийных продуктов на основе пространственных данных. Геоинформационное картографирование»; «16. Организация пространственных данных и знаний с использованием распределенных и облачных технологий. Телекоммуникационные системы сбора, анализа, обработки, поиска и распространения географической информации. Геосервисы и геопорталы».

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационного исследования были представлены и

обсуждены на 18 научно-практических конференциях международного и всероссийского уровня: XXIX–XXXII международных картографических конференциях (Токио, 2019; Флоренция, 2021; Кейптаун, 2023; Ванкувер, 2025); I Региональной азиатской конференции «AsiaCarto» (Гонконг, 2024); 5-й Южноазиатской конференции и выставке по наукам о Земле «GEO India» (Джайпур, 2022); 44-м Международном Конгрессе Индийской национальной картографической ассоциации (Indian National Cartographic Association, INCA) (Кевадия, 2024); 31-й Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС» (Пермь и Кудымкар, 2025); XVII, XIX и XXI международных выставках и научных конгрессах «Интерэкспо ГеоСибирь» (Новосибирск, 2021, 2023, 2025); 27-й Международной конференции пользователей Esri в России и СНГ (Москва, 2022); международных конференциях «Пространственные данные: наука и технологии» (Москва, 2025, 2026); 2-й Национальной картографической конференции (Москва, 2018); X и XII всероссийских научно-практических конференциях «Геоинформационное картографирование в регионах России» (Воронеж, 2018, 2024); XI Научной конференции по тематической картографии «Тематические карты и атласы: современные концепции научного содержания, новые технологии создания и использования» (Иркутск, 2022).

Научно-методический аппарат системы картографического обеспечения апробирован в производственном процессе ООО «Целевой Горизонт», АО «Пангея», Panseis Geo Services Pvt. Ltd., а также внедрен в учебный процесс картографического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии».

Публикации по теме диссертации. Основные результаты диссертационного исследования изложены в 34 публикациях, из которых 25 статей – в изданиях, включенных в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук (из них 12 – в изданиях, входящих в реферативные базы

Web of Science и Scopus); 9 статей в сборниках и материалах российских и международных конференций.

Личный вклад автора в проведенное исследование. Диссертация стала результатом многолетней теоретической и производственной работы, направленной на развитие картографического производства в недропользовании. С 2014 г. автор принимал непосредственное участие и осуществлял научное руководство картографическим обеспечением более 35 хозяйственно-договорных работ по выполнению полевых и камеральных геолого-геофизических исследований для российских (группа ПАО «Газпром», АО «МАГЭ», ООО «Иркутская нефтяная компания» и др.) и зарубежных компаний (Oil and Natural Gas Corporation (ONGC) Ltd., Oil India Ltd. и пр.).

Автор на основе нового методологического принципа системности КО НТД разрабатывал технологические решения в области подготовки и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов, в том числе с применением технологий с открытым программным кодом; выполнял научно-методическое руководство автоматизацией цифрового картографического производства в сфере недропользования. Вышеупомянутые технологические решения применялись в рамках государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (утв. постановлением Правительства от 15.04.2014 № 322) при подготовке комплекта средне-мелкомасштабных прогнозно-минерагенических карт на твердые полезные ископаемые (медь, молибден) для Байкало-Амурской группы металлогенических провинций (2014–2016), при картографическом сопровождении геологоразведочных работ на лицензионных участках недр Российской Федерации (с 2015 г.), в рамках Национальной сейсмической программы Республики Индия (с 2017 г.), Программы сейсморазведки в районе Андаманского моря (2021–2023) и др.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит введение, семь разделов, заключение, список литературы (331 наименование, из них 82 на иностранном языке) и пять приложений. Общий объем диссертации составляет 292 страницы, включая 80 рисунков и 21 таблицу.

1 СОСТОЯНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1.1 О научно-технической деятельности и ее обеспечении пространственными данными

В соответствии с Концепцией технологического развития на период до 2030 г. [164] достижение технологического суверенитета Российской Федерации требует создания новых форм интеграции научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности. Указанные виды характерны для научно-технической деятельности, «направленной на получение, применение новых знаний для решения технологических, инженерных, экономических, социальных, гуманитарных и иных проблем, обеспечения функционирования науки, техники и производства как единой системы» [160]. Кроме того, под производством согласно ГОСТ 12.0.002-2014 понимается «вид деятельности человека, направленный на создание экономического продукта или оказание услуги (выполнение работ), основанный на процессе активного преобразования материального и духовного мира с целью создания необходимых условий для своего существования и развития и порождающий социально-трудовые отношения» [41].

Проведение фундаментальных и прикладных научных исследований и выполнение производственных задач научно-технической деятельности сопровождаются практико-ориентированным использованием общенаучных и частнонаучных методов. Указанные мероприятия осуществляются в ходе обеспечения, понимаемого как «действие по глаголу “обеспечить” – снабдить чем-нибудь в потребных размерах» [224]; «то, что обеспечивает сохранность, исполнение и т. п. чего-либо…» [25].

В зависимости от методов можно выделить общенаучные и частнонаучные виды обеспечения. К *общенаучным видам* отнесем техническое, математическое, программное, информационное и тому подобное обеспечение, которое формирует общетехнические аспекты реализации задач. *Частнонаучные виды* обеспечения

ассоциируются с методами конкретных отраслей науки и способствуют реализации задач на содержательном (тематическом) уровне. *Совокупность* общенаучных и частнонаучных видов обеспечения образует систему, в которой обеспечение представляет практико-ориентированное выражение отраслей, привлекаемых к научно-технической деятельности (рис. 1). Таким образом, для дальнейшего исследования сформулируем следующую дефиницию понятия «обеспечение научно-технической деятельности»: *комплекс мероприятий, направленных на снабжение научно-технической деятельности методологическими, информационными, техническими и иными ресурсами, результатами теоретических и практических изысканий, выполняемых в рамках вспомогательных по отношению к основному процессу межотраслевых исследований.*

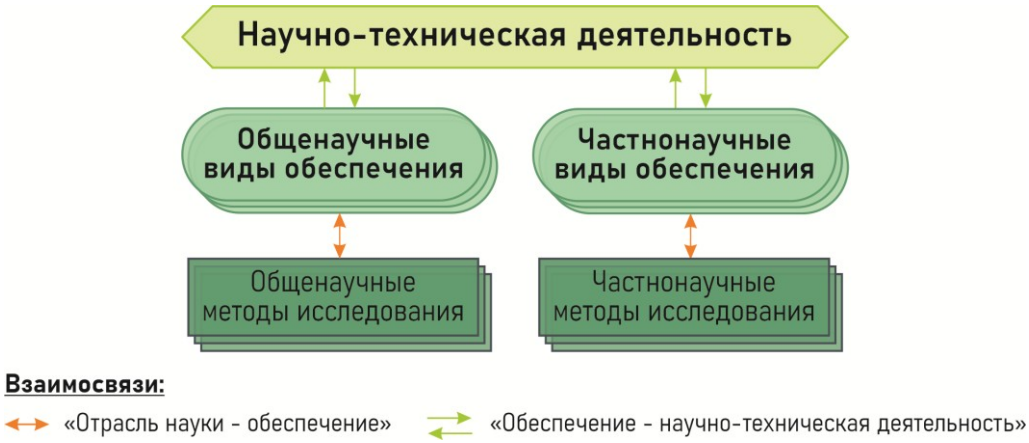


Рисунок 1 – Схема обеспечения научно-технической деятельности

Решение прикладных задач, связанных с познанием пространственного и содержательного аспектов объектов исследования, невозможно без пространственных данных и информационных ресурсов, создаваемых на их основе [191; 274]. Согласно докладу Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» и Научно-исследовательского института аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС», пространственные данные «имеют высокий потенциал для развития экономики и улучшения инвестиционного климата, служат основой цифровой трансформации отраслей» [191]. Привлекаются частнонаучные методы картографии, геоинформатики, геодезии, аэрокосмических ис-

следований Земли, которые образуют особую систему *обеспечения пространственными данными* (рис. 2).

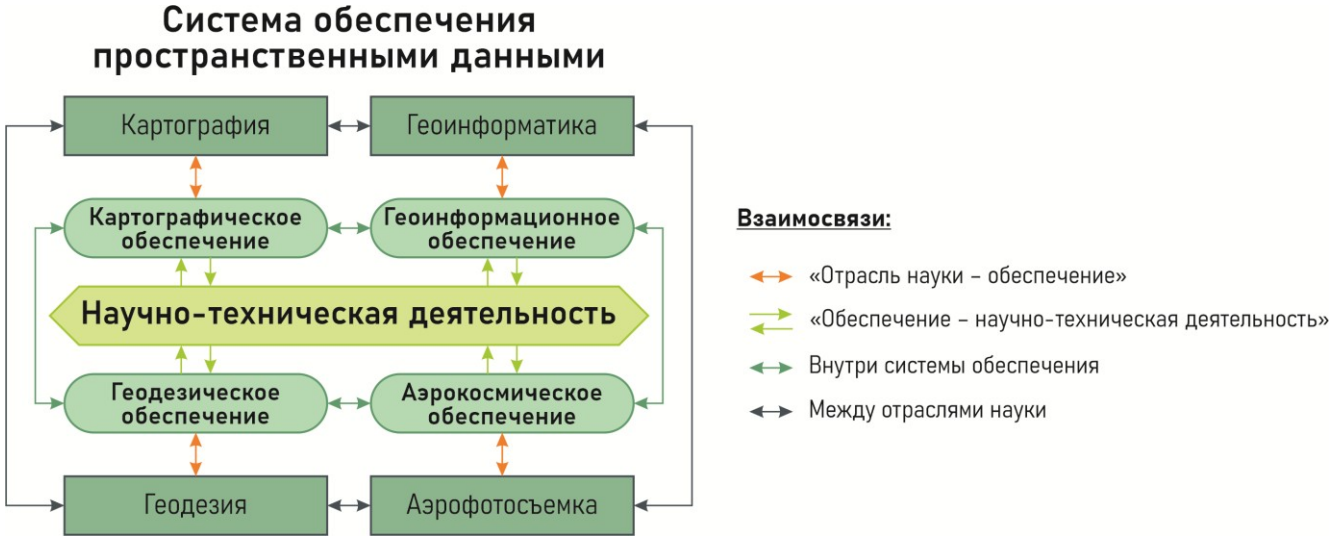


Рисунок 2 – Концептуальная схема системы обеспечения научно-технической деятельности пространственными данными

В системе обеспечения пространственными данными научно-технической деятельности картографическое обеспечение исторически имеет большое значение для развития отраслей экономики Российской Федерации. *В качестве практического направления картографии* снабжение человека картографическими изображениями и моделями осуществляется с незапамятных времен. Объективная потребность в методах картографирования в сочетании со становлением научной картографии на основе многовековых практик позволяет говорить о том, что картографический вид обеспечения научно-технической деятельности – один из основополагающих. Берлянт А. М. отмечал: «Без картографического обеспечения невозможны освоение новых земель и разведка полезных ископаемых, охрана природы и рациональное использование природных ресурсов, изучение Мирового океана и познание космического пространства» [17]. С ним солидарен Батуев А. Р., утверждающий, что «от разработанности вопросов научного картографического обеспечения зависит решение многих проблем регионального развития» [15].

Вместе с тем объективный процесс становления новых видов обеспечения по мере научно-технического прогресса способствует изменению структуры поддержки научно-технической деятельности вплоть до исчезновения отдельных видов обеспечения и/или их интеграции в методологически более мощные. Например, текущие исследования по разработке и применению алгоритмов обработки больших данных при решении тематических задач могут стать основой *кибернетического обеспечения* научно-технической деятельности, но только после накопления критической массы результатов, подтверждающих повышение эффективности выполнения задач. В этой связи вопросы взаимодействия картографического, геоинформационного, геодезического, аэрокосмического видов обеспечения представляют интерес и требуют всестороннего изучения в силу текущей цифровизации и интеллектуализации наук о Земле [75]. Грамотное функционирование системы обеспечения пространственными данными нуждается в демаркации первичных сфер влияния посредством формирования теоретико-методологических основ каждого вида обеспечения. Сегодня разработаны только для геоинформационного [86] и геодезического [171] обеспечения устойчивого развития территорий. Другие виды пока остаются без должного внимания (либо нуждаются в обновлении предыдущих исследований [15]), что способствует уязвимости всей системы в условиях развития науки о данных и методов искусственного интеллекта, осмысление возможностей которых уже началось в картографии [104].

Ввиду вышесказанного сегодня картографическое обеспечение – важный индикатор востребованности методов картографии при решении прикладных задач научно-технической деятельности. Поддержание его функционального состояния и модернизация теоретико-методологических основ – одна из ключевых задач картографии в современных условиях развития новых технологических направлений науки. Решить ее невозможно без учета накопленного опыта, систематизация которого до сих пор оставалась без должного внимания, несмотря на популярность термина. В этой связи необходимо далее рассмотреть и систематизировать опыт отечественного картографического обеспечения различных видов научно-технической деятельности в ретроспективе.

1.2 Отечественный опыт картографического обеспечения научно-технической деятельности

1.2.1 Периодизация развития отечественного картографического обеспечения

Отправной точкой исследования служит библиографический и наукометрический анализ публикаций различного уровня (от тезисов докладов научных конференций до монографий и авторефератов диссертаций) [114], находящихся в российской научной электронной библиотеке eLibrary.Ru и международных системах цитирования, а также представленных в серии библиографических указателей [93; 211; 212]. Критерий отбора работ для анализа – наличие терминов «картографическое обеспечение», «картографическое сопровождение», «картографическая обеспеченность») в заголовках, аннотациях и ключевых словах.

Всего было проанализировано более 335 публикаций за 1971–1991 гг. и более 500 за 1991–2025 гг. (рис. 3). Они классифицировались по следующим параметрам:

1) место термина «обеспечение» в публикации;
2) вид научного издания, в котором вышла работа;
3) вариативность используемого термина;
4) сфера научно-технической деятельности;
5) вид конечного результата обеспечения.

По результатам анализа выделены следующие этапы развития отечественного КО НТД (табл. 1):

– советский период (1971–1991);
– российский период:
– этап I (1991–2010);
– этап II (2011–2016);
– этап III (2017–2020);
– этап IV (2021 г. – н. в.).

Далее представлена характеристика каждого этапа.

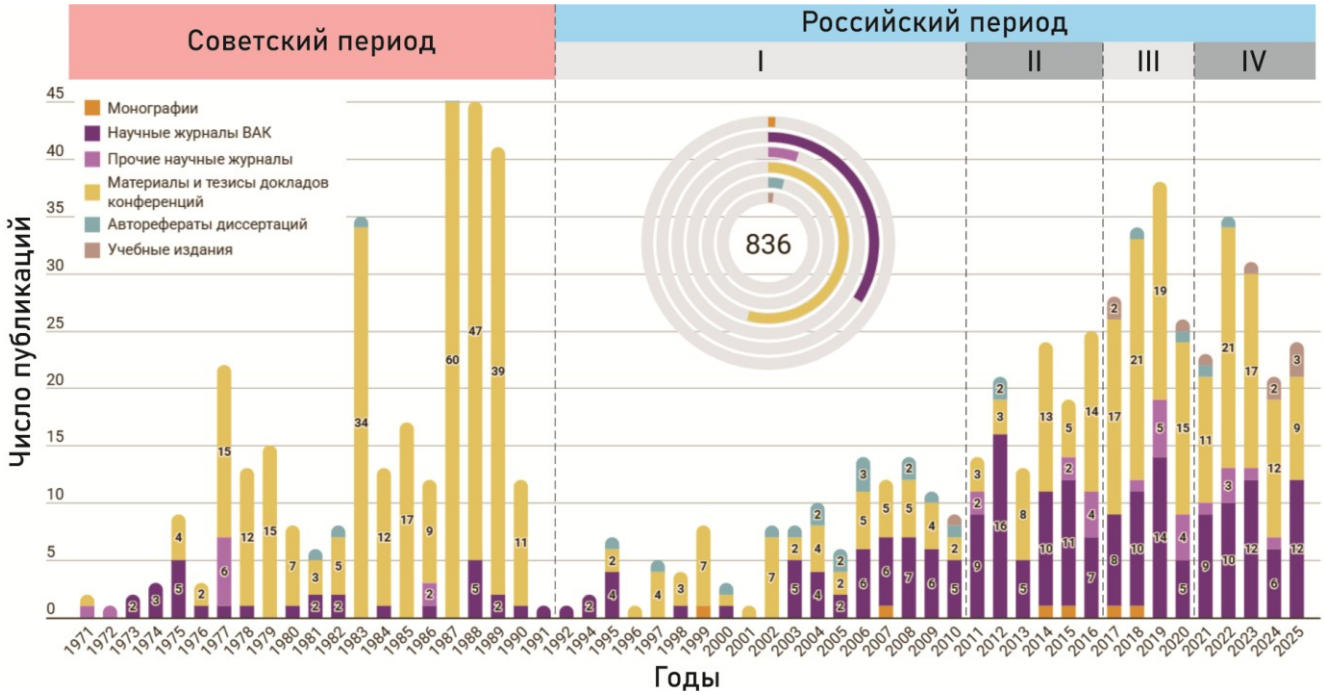


Рисунок 3 – Динамика числа отечественных публикаций по теме картографического обеспечения за 1971–2025 гг.

Советский период (1970–1991)

Советский период характеризуется активным вовлечением картографии в реализацию государственных программ развития различных отраслей народного хозяйства. Об этом свидетельствует статистика: с 1971 по 1991 г. в среднем выпускалось по 16 публикаций в год, из которых подавляющее большинство представлено материалами и тезисами докладов конференций (рис. 4, *а*).

В рассматриваемый период в рамках модельно-познавательной концепции картографии Салищевым К. А., который в 1968–1972 гг. занимал должность президента Международной картографической ассоциации (далее – МКА), был описан *основной методологический принцип*, согласно которому картографическое обеспечение представляет собой подготовку серии тематических и (или) специальных карт и выполнение по ним прикладных исследований с помощью различных приемов анализа, адаптированных под конкретные задачи.

Таблица 1 – Общая характеристика этапов развития отечественного картографического обеспечения научно-технической деятельности

Этапы (годы)	Число публикаций	Число публикаций по видам научных изданий*						Преобладающие сферы научно-технической деятельности**	Преобладающие виды результатов картографического обеспечения***	Отличительные черты этапов развития картографического обеспечения
		1	2	3	4	5	6			
Советский период (1971–1991)	335	–	28	10	293	4	–	Охрана природы. ТП. УОД. Планирование. Рациональное природопользование. АПК. Государственные программы	Тематические карты, КМИ	Государственная поддержка. Картографическое обеспечение как связующее звено картографо-геодезической отрасли и народного хозяйства
Российский период, этап I (1991–2010)	125	2	51	–	55	16	1	ТП. ЭИ. Мониторинг. РИ. Хозяйственно-управленческая деятельность. Туризм	Тематические карты, серия карт, создание карт, карта как источник, использование данных ДЗЗ из космоса, создание карт с использованием ГИС, применение ГИС	Широкое внедрение геоинформационных технологий в картографическое производство. Появление производных (смешанных) видов обеспечения
Российский период, этап II (2011–2016)	116	2	58	8	46	2	–	Хозяйственно-управленческая деятельность. УОД. ЭИ. Государственные программы. Туризм. Природопользование. ТП. Муниципальные образования. Мониторинг	Тематические карты, серия карт, методические аспекты, картографическая основа, создание карт с использованием ГИС, картографические материалы, картографическая визуализация, КМИ, геоинформационное картографирование	Появление новых видов результатов картографического обеспечения. Сближение картографического, геоинформационного и информационного обеспечения

Таблица 1 (окончание)

Этапы (годы)	Число публикаций	Число публикаций по видам научных изданий*						Преобладающие сферы научно-технической деятельности**	Преобладающие виды результатов картографического обеспечения***	Отличительные черты этапов развития картографического обеспечения
		1	2	3	4	5	6			
Российский период, этап III (2017–2020)	126	2	37	10	72	2	3	Мониторинг. ЭИ. Туризм. ТП. Хозяйственно-управленческая деятельность. Водопользование. УОД. Землепользование. АПК. Ландшафтные исследования. РИ. Геологоразведка. Социально-экономические исследования	Базы пространственных данных (БПД), тематические карты, картографические материалы, методические аспекты, картографическая информация, использование данных ДЗЗ из космоса, применение ГИС, серия карт	Синонимизация картографического обеспечения с геоинформационным картографированием. Появление веб-картографических продуктов в составе результатов картографического обеспечения
Российский период, этап IV (2021 г. – н. в.)	134	–	49	6	70	2	7	Землепользование. Геологоразведка. Недропользование. Мониторинг. АПК. УОД. Туризм. Государственный кадастр недвижимости. Землеустройство. ЭИ. ТП. Хозяйственно-управленческая деятельность	Тематические карты, БПД, методические аспекты, использование ГИС, картографические материалы, картографическая основа, пространственные данные	Осмысление геоинформационного опыта подготовки картографических продуктов. Развитие системных исследований в области картографического обеспечения

* Цифрами обозначены: *1* – монографии; *2* – научные журналы, рекомендованные Высшей аттестационной комиссией; *3* – прочие научные журналы; *4* – материалы и тезисы докладов конференций; *5* – авторефераты диссертаций; *6* – учебные издания

** АПК – аграрно-промышленный комплекс и сельское хозяйство; РИ – региональные исследования; ТП – территориальное планирование; УОД – учебно-образовательная деятельность; ЭИ – экологические исследования

*** БПД – базы пространственных данных; ГИС – географические информационные системы; ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли из космоса; КМИ – картографический метод исследования

Как отмечают ученые, наиболее ярко вопросы использования карт были проиллюстрированы Салищевым К. А. в статье «Картография на службе рационального природопользования: состояние и задачи» (1980) [205], в которой «на примере обеспечения работ по рациональному природопользованию показаны роль и направления использования государственных топографических и отраслевых тематических карт, а также комплексных региональных атласов» [64]. Идеи Салищева К. А. были представлены Берлянтом А. М. в 1985 г. [17] в виде схемы картографического обеспечения охраны и оптимизации окружающей среды. Согласно схеме, на каждом этапе предполагается формирование комплекта картографических материалов: карт-источников, серии оценочных карт и др. Последующие многочисленные исследования в области картографического обеспечения различных сфер народного хозяйства СССР основаны на этом подходе и рассматривают картографическое обеспечение как собственно картографические произведения, т. е. результат работы картографа.

Картографическое обеспечение потребностей народного хозяйства неоднократно становилось темой всесоюзных совещаний (1987), региональных и всесоюзных научно-технических конференций по тематическому картографированию (1973, 1975, 1977–1978, 1983, 1988–1990). По результатам указанных мероприятий выпускались одноименные сборники статей. Более 30 публикаций на тему картографического обеспечения различных сфер научно-технической деятельности содержится в сборниках «Картография и научно-технический прогресс» (отв. ред. Левицкий И. Ю., 1988), «Картографическое обеспечение основных направлений экономического и социального развития Украинской ССР и ее регионов» (отв. ред. Жупанский Я. И., 1987), «Эколого-географическое картографирование и оптимизация природопользования в Сибири» (1989) [93; 211; 212]. Заголовки и содержание кратких сообщений и тезисов свидетельствуют об обеспокоенности вопросами создания карт и комплексных региональных атласов для планирования, мониторинга, прогнозирования, управления, развития отраслей промышленности, сельского хозяйства, аграрно-промышленного комплекса, использования трудовых ресурсов, рационального природопользования, социального и экономи-

ческого развития городов, охраны природы, образования (рис. 4, *б*). Большой вклад в картографическое обеспечение управления природоохранной деятельностью внесли Казанцев Н. Н., Лютый А. А., Лебедева Н. Я. В 1981–1987 гг. изучались вопросы прикладного использования географических методов и системы карт для создания территориальных комплексных схем охраны природы. Отдельные авторы исследовали картографическое обеспечение образования и подготовки кадров (Самойленко З. В.), планирования территориально-производственных комплексов (Шоцкий В. П. и др.), рыбохозяйственных работ (Едский Б. Л.), физико-географического прогнозирования (Масленникова В. В.), аэрокосмического мониторинга состояния лесов (Малышева Н. В.).



а) *б)*

Рисунок 4 – Распределение публикаций 1971–1991 гг.: *а)* по году и виду издания; *б)* по видам научно-технической деятельности

Термин «картографическое обеспечение» присутствует в заголовках свыше 84 % публикаций по теме исследования. Единично встречаются следующие словосочетания: «создание карт для обеспечения» (1979), «картографические работы для обеспечения» (1981), «система карт в обеспечении» (1975, 1982, 1983, 1985), «картографическая обеспеченность» (1977, 1983, 1985), «обеспечение картами» (1974, 1975, 1977, 1983), «картирование (картографирование) для обеспечения» (1983), «картографирование как метод обеспечения» (1983), «система картографического обеспечения (1987). Многообразие терминов обусловлено отождеств-

лением картографического обеспечения непосредственно с результатом (картами), с картографическими работами и тематическим картографированием, вплоть до конкретизации видов картографирования, задействованных при обеспечении («ландшафтно-картографическое» (1982, 1987), «почвенно-картографическое» (1977, 1983), «географо-картографическое (1986)), а также до указания дополняющих видов обеспечения («навигационно-гидрографическое» (1985), «топографо-геодезическое» (1985), «информационно-картографическое» (1985)). Это подтверждает тесную связь картографического обеспечения с тематическим картографированием и его нацеленность на познание пространственного аспекта содержательной части исследований в различных сферах научно-технической деятельности с помощью картографических моделей, применение полученных знаний для формирования и реализации программы рационального взаимодействия с окружающей действительностью в контексте научно-технической деятельности. В этом проявляется суть картографического обеспечения как связующего звена картографо-геодезической отрасли и народного хозяйства.

Следует отметить, что в единичных исследованиях поднимаются вопросы аэрокосмического и информационного обеспечения составления и подготовки карт и атласов (1987). Впервые затрагиваются темы «информационного обеспечения банка картографических данных» (Халугин Е. И., Сторожик И. Н., 1986), создания «геоинформационной системы картографического обеспечения продовольственного хозяйства» (Тикунова И. Н., 1986), «картографического обеспечения региональных ГИС» (1987).

Российский период

Этап I (1991–2010)

После образования Российской Федерации картографическое обеспечение как направление исследований сохранило значимость, однако резко уменьшилась среднегодовая частота встречаемости публикаций различного уровня (в среднем восемь публикаций в год) (рис. 5, *а*). В них рассматривались вопросы картографического обеспечения региональных экологических исследований и мониторинга

(в том числе серия работ Ротановой И. Н.), территориального планирования и устойчивого развития территорий, туристско-рекреационной деятельности, геоэкологических исследований, нефтегазодобывающей промышленности и недропользования, землеустройства и кадастра (рис. 5, *б*).

В подавляющем большинстве публикаций термин «картографическое обеспечение» продолжает использоваться в качестве синонима «карты», «серии карт». Уделяется внимание двум аспектам применения карт: как источника информации для выполнения работ, информационной поддержки при принятии управленческих решений; как результата работ по сопровождению научно-технической деятельности.



а) *б)*

Рисунок 5 – Распределение публикаций (1991–2010): *а)* по году и виду издания; *б)* по видам научно-технической деятельности

Несмотря на доминирование традиционного подхода, этап сопровождался началом внедрения геоинформационных технологий в картографическое производство. Получение картографических результатов с использованием геоинформационных систем (ГИС) авторы отмечали добавлением геоинформационной составляющей к термину «картографическое обеспечение». В результате в понятийном поле российской картографии появились следующие виды обеспечения: «геоинформационное и картографическое», «информационно-картографическое» (с 1995 г.), «цифровое картографическое» (с 1997 г.), «картографо-геоинформационное» (с 1999 г.), «картографическое и геоинформационное»

(с 2003 г.), «геоинформационно-картографическое» (с 2008 г.), «электронно-картографическое» (с 2010 г.).

Неустойчивость новых терминологических конструкций повлекла за собой необходимость различных уточнений: «ГИС-ориентированное картографическое» (1997), «картографическое обеспечение с использованием ГИС» (2007), «с применением геоинформационных технологий» (2009). Кроме того, некоторые авторы предпочитали не акцентировать внимание на геоинформационном аспекте и сохраняли традиционную терминологию, хотя освещали разработку специальных модулей геоинформационной системы [10], использование геоинформационных методов и технологий [71]. В этом отношении появление в нормативной картографии термина «(цифровое) картографическое обеспечение» [43] можно трактовать как первую попытку стандартизации и фиксации значения обеспечения в государственных картографических работах.

Терминологические конструкции дополнительно усложнялись обозначением тематики составляемых карт, например «картографическое эколого-ландшафтное» (1997), «ландшафтно-картографическое» обеспечение, под которым понимается «совокупность инвентаризационно-оценочных и прогнозно-рекомендательных карт ландшафтно-экологического содержания…» [90]. Подчеркивалась также взаимосвязь картографического с другими видами обеспечения, производными от смежных с картографией наук («аэрокосмическое» (2004), «дистанционно-картографическое» (2010) [210], «геодезическое» (2010) обеспечение). Освещаются вопросы проектирования и составления общеэкономических [34], туристских [145], эколого-радиохимических карт [35], карт гидрохимического загрязнения [10] для решения отраслевых задач.

Этап II (2011–2016)

С 2011 г. зафиксирован устойчивый рост числа публикаций, в которых исследователи применяли термин «картографическое обеспечение» для идентификации своих научных изысканий (с восьми в год на первом этапе до 19 на втором). При этом результаты исследований чаще издаются в журналах, рекомендованных

ВАК при Минобрнауки России, и в сборниках материалов конференций (50 % и 40 % соответственно) (рис. 6, *а*). Однако употребление термина «обеспечение» стало носить избирательный характер: об этом свидетельствуют снижение до 78 % доли публикаций, в которых он находится в заголовке работы, и увеличение случаев его использования в ключевых словах и аннотации к публикации.

Приоритетные сферы научно-технической деятельности – экологические исследования и мониторинг, территориальное планирование, управление особо охраняемыми природными территориями, туристско-рекреационная деятельность (в том числе серия работ Комиссаровой Т. С., 2014–2015), геоэкологические исследования (рис. 6, *б*). Зафиксирован резкий рост интереса к обеспечению учебно-образовательной деятельности, геохимических исследований, хозяйственно-управленческой деятельности, муниципальных образований и городских (урбанизированных) территорий.



а) *б)*

Рисунок 6 – Распределение публикаций (2011–2016): *а)* по году и виду издания; *б)* по видам научно-технической деятельности

В первой половине 2010-х гг. появляются публикации в области теоретико-методологических основ картографического обеспечения отдельных сфер научно-технической деятельности, а также модернизации картографического обеспечения территории РФ [247]. Алексеенко Н. А. выдвинула «концептуальные предложения по разработке научно-обоснованной системы комплексного картографического обеспечения деятельности ООПТ [особо охраняемых природных территорий. –

Д. Л.] России» [5], по представлению «комплексного системного картографического обеспечения» как «особого функционального направления тематического картографирования» [6].

Разнообразны формы представления результатов картографического обеспечения, появляются исследования по созданию нескольких видов конечных продуктов. Доминирующим результатом остаются тематические карты, серия карт (свыше 40 % публикаций), однако вопросы их создания и использования в большей степени уходят в плоскость применения средств ГИС, методов пространственного анализа и математико-картографического моделирования. Под картографическим обеспечением начинают пониматься создание электронных карт [139; 182; 183], учебных атласов с помощью ГИС [94], разработка картографических баз данных [143]. Уделяется внимание картографическим основам информационно-аналитических систем, муниципальных ГИС [139], интегрированных ГИС, а также картографической визуализации [101]. С 2012 г. рассматриваются вопросы формализации картографических процессов в виде «инструментальной справочно-аналитической ГИС» [8], а с 2013 г. – ГИС-атласов [156], картографических веб-сервисов [140]. Таким образом, второй этап характеризуется началом сближения картографического, информационного и геоинформационного обеспечений. В понятийном аппарате появляются новые виды обеспечения: «навигационно-картографическое» [227], «оперативное картографическое» [27], «планово-картографическое» [141], «информационно-картографическое» [199].

Этап III (2017–2020)

В статистическом отношении третий этап характеризуется:

1) резким увеличением среднегодового числа публикаций (32) (рис. 7, *а*);

2) преобладанием (впервые с советского периода) материалов и тезисов докладов конференций над публикациями в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (3:2);

3) увеличением числа статей, в которых употребляется термин «геоинформационно-картографическое обеспечение» (11 % всех публикаций);

4) сохранением интереса к картографическому обеспечению туризма, особо охраняемых природных территорий [4], рационального природопользования [153], мониторинговых работ, развития территорий, земельного кадастра, а также картографо-геодезической отрасли и навигации (рис. 7, *б*).

Тенденция сближения картографического и геоинформационного обеспечения приводит к неустойчивому пониманию состава и взаимодействия картографического, геоинформационного и информационного обеспечения. Традиционные «результаты» заменяются словосочетаниями «картографические материалы», «картографическая информация», а также «информационно-картографические системы», «геоинформационно-картографическая модель», «картографическая модель», «цифровая картографическая модель», «геоинформационно-картографические материалы». Данные термины используются в контексте информационного обеспечения градостроительной деятельности, в основе которого «картографо-геоинформационное обеспечение, объединяющее возможности традиционного картографирования с функциональностью современных ГИС-технологий» [80]. Противоположный пример – синонимизация «картографических баз данных» с «картографическим обеспечением» [180].



а) *б)*

Рисунок 7 – Распределение публикаций (2017–2020): *а)* по году и виду издания; *б)* по видам научно-технической деятельности

Таким образом, повсеместное использование геоинформационных технологий способствует расширению спектра картографических продуктов, создаваемых для реализации задач отраслей промышленности и экономики. Ротанова И. Н. отмечает, что «в современном информационном обществе прослеживается тенденция возрастания роли геоинформационно-картографического обеспечения науки и практики» с формированием «виртуальной географической среды» [200]. Предметом исследований становятся базы пространственных данных (далее также – БПД), а их объект дополняется вопросами разработки ГИС-проектов [192; 198], структуры и содержания картографической базы данных [232], картографической визуализации, создания тематических карт и др. Использование ГИС-технологий трактуется как геоинформационно-картографическое [198], информационно-картографическое [238] обеспечение. В методическом плане картографическое обеспечение начинает отождествляться с геоинформационным картографированием. Впервые рассматривается веб-картографическое обеспечение, результатами которого являются БПД, визуализация, информационные ресурсы, геопортальные технологии, цифровые карты [196].

Этап IV (2021 г. – н. в.)

Осмысление геоинформационного опыта подготовки тематических карт и пространственных данных способствовало резкому снижению числа работ, где в наименовании вида обеспечения указывается геоинформационная составляющая (рис. 8, *а*). В результате вопросы геоинформационного картографирования, разработки БПД и формирования на их основе широкого спектра картографических материалов (тематические, топографические карты, картографические основы) различных форматов (электронные, цифровые карты, веб-ГИС, информационно-аналитические ресурсы, картографические информационные системы) рассматриваются в составе картографического обеспечения. Как следствие, уменьшилось число пограничных видов обеспечения, но увеличилась информационная составляющая (в 14 % работ употребляется термин «информационно-картографическое обеспечение»).

Позитивным моментом является обновление термина «(цифровое) картографическое обеспечение» [52]. Следует также отдельно отметить работы Чернова И. В. и соавторов (2021–2023), в которых рассматриваются вопросы «повышения оперативности картографического обеспечения при ограниченных ресурсах» [237], «проектирования системы и организации процесса картографического обеспечения» [235] и ее применения для математического моделирования «процесса производства картографической продукции» [236].



а) *б)*

Рисунок 8 – Распределение публикаций (2021–2025): *а)* по году и виду издания; *б)* по видам научно-технической деятельности

Внимание сосредоточено на методических разработках картографического обеспечения региональных органов управления в чрезвычайных ситуациях [81], геоэкологии [92], природопользования и охраны природы [170]. Растет доля работ по картографическому обеспечению сельского хозяйства и агропромышленного комплекса. Другие востребованные сферы – навигация, мониторинг, учебно-образовательная деятельность, туризм и др. (рис. 8, *б*). Актуальность картографического обеспечения геолого-геофизических исследований, геологоразведки и недропользования подчеркивается рядом ученых [89; 91; 318], в том числе автором в многочисленных публикациях, относящихся к этому периоду. Кроме того, отмечается государственная значимость картографического обеспечения исследований Арктики [213; 230]. Государственный топографический мониторинг для опе-

ративного картографического обеспечения актуализированными пространственными данными «социально-экономической, экологической деятельности, обороны и национальной безопасности страны» [26] рассматривается как одна из первоочередных задач государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных».

1.2.2 Национальная система пространственных данных как современный этап реализации картографического обеспечения отраслей экономики

Потребность отраслей экономики в пространственных данных о территории Российской Федерации способствовала разработке и введению в эксплуатацию в 2021 г. государственной информационной системы ведения Единой электронной картографической основы (ЕЭКО) [51]. ЕЭКО представляет собой систематизированную совокупность пространственных данных о территории Российской Федерации [159], основным компонентом которой являются цифровые топографические карты открытого пользования. ЕЭКО призвана решить проблему дублирования работ по подготовке картографических основ, которые ведутся различными ведомствами (создание фонда пространственных данных МЧС России, цифровой картографической основы для управления сельскохозяйственным землепользованием, обеспечения подведомственных организаций недропользования [105]). Запуск ЕЭКО оптимизирует картографическое обеспечение Единого государственного реестра недвижимости, кадастровой деятельности, землеустройства, градостроительной документации, а сама основа применяется в различных сферах научно-технической деятельности, в том числе при обеспечении органов государственной власти, местного самоуправления, физических и юридических лиц пространственными данными [159].

Важной вехой в истории современного картографического обеспечения Российской Федерации является разработка в 2023 г. НСПД – «единой цифровой системы интегрированной геопространственной информации» [142], подготовленной согласно Указу Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до

2036 года» [161]. В задачи НСПД входят актуализация пространственных данных (в том числе методом «топографического мониторинга» [26]), формирование информационных ресурсов для потребителей разного уровня [142]. НСПД активно применяется при управлении земельными ресурсами [14], осуществляется ее интеграция с территориальными ГИС при развитии геоинформационного пространства регионов России [176], что позволяет повысить эффективность обеспечения пространственными данными различных сфер научно-технической деятельности, причем ее содержимое рассматривается в качестве особого *геопространственного* обеспечения отраслей экономики Российской Федерации.

Реализованная в виде геопортала НСПД иллюстрирует перспективные направления применения технологий веб-картографии в современном картографическом обеспечении. Так, ЕЭКО как ключевой компонент действует в составе НСПД наряду с цифровыми геосервисами и модулями [7] и другими цифровыми картографическими и геоинформационными продуктами. Такая структура свидетельствует о переходе к системному функционированию картографической, геодезической, аэрокосмической, кадастровой и иной информации, в результате которого НСПД становится физическим выражением системы обеспечения научно-технической деятельности пространственными данными (рис. 2). Однако для полного вовлечения в экономику требуется модернизация подходов к пониманию состава, функций и значения КО НТД, что позволит повысить востребованность цифровых картографических и геоинформационных продуктов у конечных потребителей, сформировать картографическую культуру их использования для принятия хозяйственно-управленческих решений.

1.2.3 Картографическое обеспечение как предмет диссертационных исследований

Научные статьи представляют собой оперативный срез текущего состояния теоретических и практических исследований в области картографии и в большинстве своем содержат идеи, предложения, реже – систематизированное описание результатов изысканий. В этом отношении диссертации – наиболее упорядоченная форма представления результатов многолетней работы, и их наукометриче-

ский анализ позволяет оценить степень исследованности соответствующей проблемы.

Далее отечественный опыт КО НТД рассматривается по результатам наукометрического анализа авторефератов диссертационных исследований 2001–2022 гг. по научной специальности 25.00.33 «Картография» (до 2009 г. – 05.24.03), в которых термин «обеспечение» присутствует в названии, целях исследования и (или) заголовках отдельных разделов. Нижняя граница выбранного временно́го диапазона обусловлена накоплением научным сообществом опыта применения ГИС в качестве инструмента компьютерного создания карт и реализации приемов их использования. Верхняя граница соответствует дате фактического вступления в силу новой номенклатуры, в которой научные специальности 25.00.33 «Картография» и 25.00.35 «Геоинформатика» объединены в специальность 1.6.20. Геоинформатика, картография. В 29 диссертациях за указанный период вопросы картографического обеспечения преимущественно сферы природопользования и недропользования решаются посредством подготовки и использования тех или иных видов картографической продукции. Ряд исследований имеет прямое отношение к различным аспектам недропользования, в связи с чем как отдельная категория рассматривается картографическое обеспечение геолого-геофизических исследований (рис. 9).

По результатам наукометрического анализа авторефератов установлено, что традиционные приемы создания и использования серии карт и/или атласов составляют предмет исследований по картографическому обеспечению регионального развития (Батуев А. Р., 2003), ландшафтного планирования (Алексеенко Н. А., 2004), мониторинга земель горнодобывающих комплексов (Титова С. Л., 2006), использования земель водного фонда (Иренкова Е. В., 2006), глобальных проблем землепользования (Богданова А. А., 2012).

В свете «информатизации всех сторон жизни современного общества» Батуев А. Р. констатирует создание «благоприятных предпосылок для научного информационно-картографического обеспечения управления региональным развитием» [15]. Косвенным индикатором трансформации и расширения функций кар-

тографических произведений в научно-технической деятельности становится появление в заголовках и целях исследований понятий «картографо-информационного» (Тигеев А. А., 2006), «картографо-геоинформационного» (Поздняков Д. В., 2007), «картографического цифрового» (Радченко Л. К., 2008), «информационного» (Медведев А. А., 2008; Абдуллин Р. К., 2017), «математико-картографического» (Пьянков С. В., 2013) обеспечения.

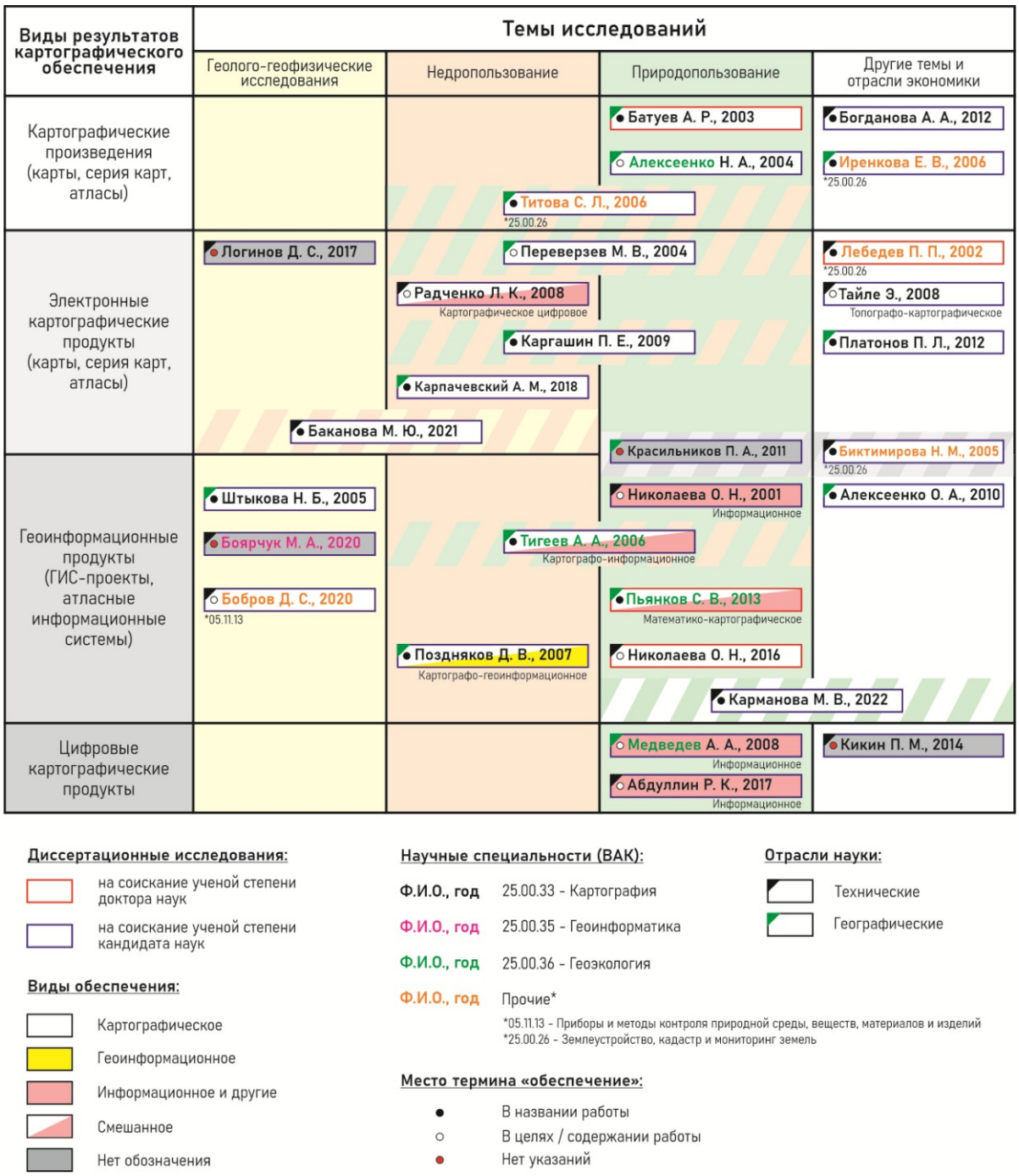


Рисунок 9 – Классификация диссертационных исследований в области картографического обеспечения по тематике и виду конечного результата (2001–2022)

Преобразование с середины 2000-х гг. вида конечных продуктов картографического обеспечения характерно для географических исследований, исследований, прямо или частично связанных с геологоразведочным процессом, а именно с объектами инфраструктуры геологоразведочных работ (далее – ГРР) и недропользованием. К первым диссертациям в области картографии, направленным на подготовку и использование серии электронных карт в нефтегазовой отрасли, относится работа Штыковой Н. Б. (2005) [243]. Картографическое обеспечение созданной ГИС «Кадастровая оценка шельфа», которая в современном понимании представляет собой серию взаимосвязанных ГИС-проектов, формируется из электронных отраслевых и специальных карт, которые служат картографической основой для мониторинга недропользования и средой реализации авторских программных решений по расчету регулярных налоговых платежей за поиск и разведку углеводородного сырья на шельфе. Картографо-информационный подход, выражающийся в создании электронных карт по данным картографо-информационной базы региональной экологической ГИС, применяется Тигеевым А. А. (2006) для оценки устойчивости ландшафтов, оптимизации природопользования на территории нефтегазового комплекса с последующим построением карт-схем функционального зонирования охраняемых природных территорий [221]. Геоинформационный аспект картографического обеспечения проектирования магистральных трубопроводов и обустройства месторождений рассмотрен Поздняковым Д. В. (2007) [186]. В исследовании Радченко Л. К. (2008) «цифровое картографическое обеспечение нефтегазовых комплексов» связано с разработкой методики создания геоинформационных моделей, карт и планов коммуникаций [194]. Указанные работы базируются на данных геолого-геофизических организаций, что максимально приближает полученные результаты к производственным потребностям преимущественно разведочного и поисково-оценочного этапа ГРР.

Постепенное обогащение тематической картографии геоинформационными методами обусловливает преобразование технологий подготовки серии электронных геоэкологических и специализированных топографических карт для картографического обеспечения территории подземных хранилищ газа (Перевер-

зев М. В., 2004; Баканова М. Ю., 2021). В основе информационного обеспечения экологического мониторинга и контроля строительства магистральных газопроводов в исследовании Каргашина П. Е. (2009) лежат серия карт и разработанная структура базы данных [78]. Объектам инфраструктуры посвящена диссертация Карпачевского А. М. (2018) о подготовке комплексной методики создания серии карт для планирования электрических сетей регионального уровня [82]. Уделяется внимание также совершенствованию визуализации геофизических полей на опережающих геофизических основах государственных геологических карт (Логинов Д. С., 2017), методам отображения векторной формы представления гравитационного поля в ГИС (Боярчук М. А., 2020), точности и детальности навигационных гравитационных карт (Бобров Д. С., 2020).

1.2.4 Геоинформационное обеспечение как предмет диссертационных исследований

В подразделе 1.2.1 установлено, что ряд картографических продуктов в настоящее время создается в рамках геоинформационного и других видов обеспечения. В этой связи целесообразно дополнить наукометрический анализ научно-квалификационными исследованиями, в которых вопросы подготовки и/или использования картографических продуктов при помощи геоинформационных технологий рассматривались в составе геоинформационного обеспечения природопользования и недропользования.

Современные подходы к реализации геоинформационного обеспечения установлены по результатам анализа 61 автореферата диссертационных исследований (2001–2022), в которых:

– термин «геоинформационное обеспечение» присутствует в названии работы, в целях исследования и (или) в заголовках отдельных разделов;

– применены геоинформационные технологии в картографировании природных явлений и природопользовании, в решении геолого-геофизических задач, в том числе имеющих прямое отношение к разработке месторождений рудных и углеводородных полезных ископаемых и недропользованию.

Приоритетными для текущего анализа, направленного на выявление различий между результатами картографического и геоинформационного обеспечения, являются диссертационные исследования на соискание ученых степеней по научной специальности 25.00.35 «Геоинформатика». Однако в ходе анализа источников за указанный период также выявлен ряд работ, отвечающих критериям поиска, по научным специальностям 25.00.33 «Картография» (из которых шесть рассмотрены в подразд. 1.2.3), 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», 25.00.36 «Геоэкология» и др.

Анализ содержания авторефератов диссертационных исследований позволил установить следующие основные формы представления результатов геоинформационного обеспечения (*геоинформационные продукты*):

1) собственное программное обеспечение (в том числе специализированные ГИС, информационно-аналитические системы, пакет программ);

2) проблемно-ориентированные ГИС (в том числе ГИС-проекты, геоинформационная оболочка визуализации данных на базе действующих ГИС, средства интеграции с другими ГИС);

3) веб-ГИС, веб-приложения, веб-сервисы;

4) модули, алгоритмы, плагины и/или программные коды для автоматизации решения отраслевых задач, процессов картографирования и пространственного анализа;

5) методика и/или технология создания цифровых картографических продуктов с помощью геоинформационных технологий;

6) методика и/или технология решения отраслевых задач с помощью существующих инструментов пространственного анализа (в том числе собственных модулей, алгоритмов, плагинов или программных кодов) и картографической визуализации результатов;

7) структура базы данных.

Установленные категории представляют взаимосвязанные результаты использования геоинформационных технологий и иных программных решений, направленные на автоматизацию решения задач с пространственными данными. Как

следствие, в большинстве рассмотренных работ предполагается получение нескольких видов конечных геоинформационных продуктов. Одновременное получение всех вышеперечисленных результатов характерно для единичных докторских диссертационных исследований, направленных на решение научной проблемы создания «единой среды интеграции информационных ресурсов в природопользовании» (Чесалов Л. Е., 2005) [240]. Характеристика основных форм реализации геоинформационного обеспечения представлена в приложении А.

1.3 Методологические проблемы картографического обеспечения научно-технической деятельности

1.3.1 Проблема многообразия современных результатов картографического обеспечения научно-технической деятельности

По итогам библиографического и наукометрического анализа публикаций можно сделать вывод о расширении номенклатуры результатов картографического обеспечения за последние десятилетия [127]. К настоящему времени сложилась совокупность цифровых картографических и геоинформационных продуктов – от традиционных картографических произведений (карт, серии карт, атласов) до цифровых картографических и геоинформационных продуктов, мультимедийных, веб-картографических произведений (рис. 10), – способствующая познанию пространственных и содержательных аспектов объектов исследования в научно-технической сфере и их использованию для рационального взаимодействия с окружающей действительностью.

Наукометрический анализ диссертационных исследований в области картографического и геоинформационного обеспечения природопользования и недропользования свидетельствует о том, что начиная с 2005 г. геоинформационные продукты в сочетании с мультимедийными и веб-картографическими – наиболее востребованные результаты картографического обеспечения (приложение А, рис. А.1–А.3). При этом не исключается подготовка на их основе традиционных

аналоговых картографических произведений, характерных для большинства исследований начала 2000-х гг.

Вместе с тем результаты геоинформационного обеспечения наиболее востребованы при решении геолого-геофизических задач, задач разработки месторождений, недропользования (78 %), а при решении задач природопользования в большем числе случаев применяются результаты картографического обеспечения (37 %). Отраслевые специалисты чаще обращаются к вопросам работы с пространственными данными и подготовки картографических и геоинформационных продуктов с позиции информационного обеспечения. Таким образом, информационное обеспечение одновременно является *фактором усложнения* системы обеспечений пространственными данными научно-технической деятельности (см. рис. 2).

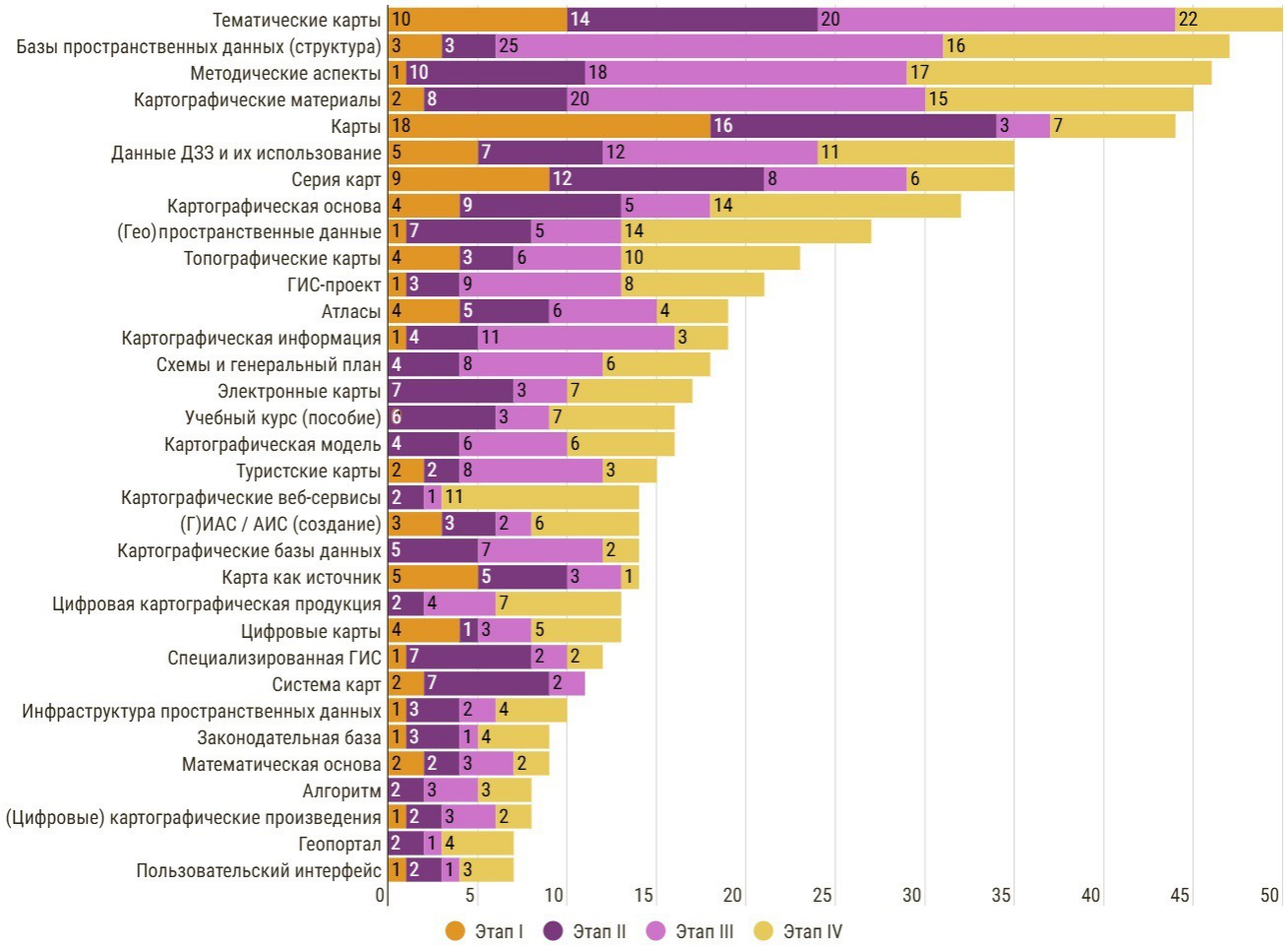


Рисунок 10 – Частота встречаемости результатов картографического обеспечения в публикациях (1991–2025)

Конвергенция функций картографического обеспечения с геоинформационным и информационным обеспечением вследствие преобразования картографических произведений в цифровые картографические продукты (дивергенции форм представления результатов картографического обеспечения) не противоречит развитию картографии. Так, на картографических выставках на международных картографических конференциях [103; 104; 127] присутствуют не только карты и атласы, но и многие картографические веб-сервисы, ГИС-проекты и другие продукты, основанные на использовании ГИС, веб- и других технологий. Кроме того, Берлянт А. М. признавал, что «обеспечение важных в практическом и научном отношении задач, удовлетворение запросов разных групп потребителей требуют постоянного расширения информационной базы картографии, разработки и создания карт нового типа» [17], вплоть до появления принципиально иных типов и видов картографической продукции.

Впрочем, расширение номенклатуры картографических продуктов, создаваемых в рамках современного картографического обеспечения, способствует обострению философской проблемы конфликта формы и содержания, поскольку сегодня результаты картографического обеспечения не только имеют собственно картографическую форму, но и представляют собой мультимедийные, геоинформационные продукты и модели. Однозначное отнесение таких результатов к тому или иному виду обеспечения осложняется отсутствием конкретизации состава цифровой картографической продукции в определениях понятий «(цифровое) картографическое обеспечение» и «цифровая картографическая продукция», представленных в ГОСТ Р 70955-2023 [52].

Между тем каждый вид картографических продуктов обладает уникальными свойствами, и его преимущества раскрываются при использовании. Так, если во главу угла ставятся коммуникационные возможности картографических продуктов, то в картографическое обеспечение попадают, например, вопросы организации пользовательского веб-интерфейса, под которым согласно ГОСТ Р 70846.2-2023 понимаются «все аспекты веб-сайта или веб-приложения, относящиеся к информационному наполнению, функциональным возможностям, навигации,

взаимодействию и представлению, которые существенны для использования веб-приложения или веб-сайта» [51]. Указанный вид конечного результата также относится к сфере геоинформационного обеспечения, однако рассмотрение взаимодействия пользователя с информацией через веб-картографическое изображение влечет за собой исследование в рамках картографического обеспечения таких вопросов, как организация графического пользовательского интерфейса, и задача не ограничивается подготовкой картографической основы геопорталов инфраструктур пространственных данных. МКА адаптировалась к таким изменениям, так, в 2007 г. Комиссия по использованию карт, существовавшая в 1984–1999 гг., была переименована в Комиссию по пользовательскому опыту (user experience). В результате в область картографии вошли вопросы UX/UI-дизайна графического пользовательского интерфейса цифровых картографических продуктов и пользовательского опыта [130].

Исходя из приведенных примеров, сегодня на принадлежность к картографическому обеспечению указывает не только картографическая форма результатов работы с пространственными данными. В сферу картографического обеспечения могут попадать не только результаты геоинформационного картографирования, составления и оформления карт в ГИС, но также алгоритмы, модули и иные программные решения по автоматизации создания, использования и оформления общегеографических и тематических карт и представления пространственных данных. Отнесение таких результатов к картографическому обеспечению противоречит внешней форме, прочно ассоциирующейся с геоинформационным обеспечением, однако полностью соответствует картографическому содержанию технических вопросов подготовки итоговых результатов [130]. В дальнейшем массовый интерес к использованию методов и технологий искусственного интеллекта может обострить текущую проблему анахронического понимания картографического обеспечения и привести к уменьшению роли специалистов-картографов в производственных процессах стратегических сфер научно-технической деятельности (недропользования, градостроительства, лесного хозяйства и т. д.).

1.3.2 Проблемы понятийного аппарата картографического обеспечения научно-технической деятельности

По результатам библиографического анализа публикаций установлено, что авторы, стремясь подчеркнуть применение новых технологий при подготовке и использовании карт и картографических продуктов, нередко формируют составные термины, такие как «геоинформационно-картографическое», «веб-картографическое», «информационно-картографическое обеспечение». Как следствие, возникает терминологическая проблема в связи с появлением смешанных (производных) видов обеспечения, в наименовании которых картографическое обеспечение уступает место геоинформационному, информационному и другим видам обеспечения научно-технической деятельности. В указанных терминах нивелируется главная цель всей совокупности картографических продуктов – способствовать познанию пространственных и содержательных аспектов объектов исследования в научно-технической сфере и их использованию для рационального взаимодействия с окружающей действительностью [130].

Наличие составных конструкций формирует неопределенность в использовании термина «картографическое обеспечение», в связи с чем картографические продукты, созданные с применением ГИС, чаще понимаются как результат таких направлений, как геоинформационное обеспечение, информационное обеспечение. Частота использования подобных терминов способствует негласному закреплению электронных карт, картографических веб-сервисов, геопорталов и др. за геоинформатикой и наукой о данных, в силу приоритетного использования прилагательного «геоинформационный» при образовании сложных терминов, обозначающих вид смешанного обеспечения. Таким образом, проблема некорректного использования словосочетания «картографическое обеспечение» является следствием несоответствия доминирующего методологического принципа современному концептуальному и технологическому уровню развития методов картографии и геоинформатики.

Ситуацию также усложняет обилие смысловых конструкций, которыми исследователи пользуются при описании картографического обеспечения (рис. 11). Ярко выраженная полисемия соответствующего термина отражает многогранность картографического обеспечения, и эта проблема присутствует в отечественной картографии в течение многих лет. Показательна работа Берлянта А. М. [17], в которой представлено не менее шести вариантов использования выражения «картографическое обеспечение» в зависимости от контекста: как синонима «картографии» и «карты» (с. 3); как задачи географической картографии (с. 9); как результата картографии (с. 26); как процесса создания карт (с. 60–61); как раздела картографии (с. 147); как синонима «карт» и «картографического метода исследования» (с. 159).

Современное понимание картографического обеспечения также многообразно и включает использование ГИС для создания карт, геоинформационное картографирование, картографическую визуализацию, картографический метод исследования и др. (рис. 11). Подобные разночтения иллюстрируют, что формирование единых теоретико-методологических основ картографического обеспечения является достаточно трудным, но необходимым процессом, который позволит сформулировать его отличия от геоинформационного и других видов обеспечения.

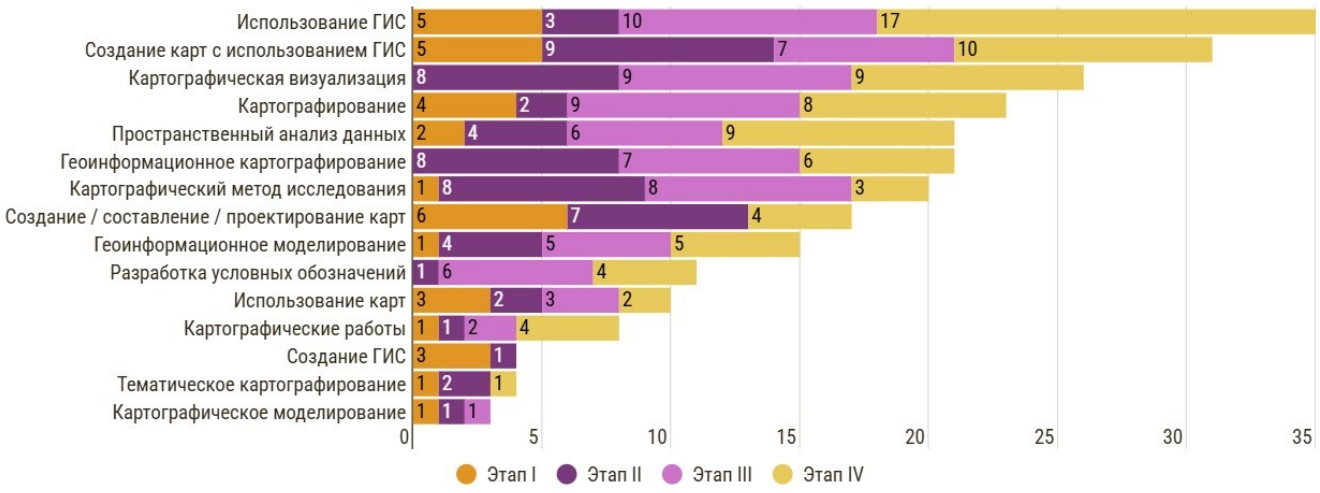


Рисунок 11 – Перечень наиболее популярных трактовок понятия «картографическое обеспечение» (1991–2025)

Из вышесказанного следует, что сегодня картографическое обеспечение в традиционном модельно-познавательном понимании представляет собой деятельность по созданию и использованию цифровых картографических продуктов различного содержания, масштаба и пространственного охвата посредством геоинформационных, мультимедийных и веб-технологий. При этом геоинформационное обеспечение нацелено на разработку геоинформационных продуктов (от баз данных до геоинформационных систем), автоматизацию процессов обработки базовых и тематических пространственных данных, использование пространственного анализа, методов геоинформатики и новых направлений работы с пространственными данными. Данный вывод соотносится с предыдущими исследованиями отечественных картографов и геоинформатиков. Так, Тикунов В. С. и Цапук Д. А. отмечают, что «практически все работы, касающиеся вопросов геоинформационного обеспечения устойчивого развития, если не в явном, то в неявном виде предполагают конечной целью формирование определенной ГИС и ее наполнение геоданными» [223]. Расширенный состав «основных форм результатов разработки геоинформационного обеспечения» описан Панасюком М. В. и соавторами следующим образом: «базы пространственных данных, цифровые карты и комплексы прикладного обеспечения, которые… могут комбинироваться в… системы ГИС-карт и баз геоданных, электронные и web-атласы, сайты, порталы и пр.» [177]. Кроме того, конкретизация ключевых видов результатов представлена в работе Васильевой Е. Г. [32], где геоинформационное обеспечение геолого-геофизических задач и недропользования – это сочетание ГИС-проекта, базы данных, а также собственных модулей, расширяющих функции ГИС как мощного инструмента управления пространственными объектами, анализа геофизической информации, создания цифровых моделей геолого-геофизических объектов, построения и оформления карт и разрезов.

Таким образом, в общей теории картографии установлена *крупная научная проблема – несоответствие методологических принципов КО НТД современному концептуальному и технологическому уровню развития методов картографии и геоинформатики.* Доминирующий методологический принцип картографическо-

го обеспечения как совокупности традиционных картографических произведений нуждается в актуализации и переосмыслении в связи со следующими объективными условиями:

1) конвергенция функций картографического обеспечения с геоинформационным и информационным обеспечением вследствие преобразования картографических произведений в цифровые картографические продукты (дивергенции форм представления результатов картографического обеспечения);

2) рост влияния геоинформационного и информационного обеспечения в научно-технической деятельности;

3) повышение роли карты как средства предоставления доступа к пространственным данным и знаниям о различных аспектах окружающей действительности.

Выводы по первому разделу

По итогам первого раздела получены следующие основные выводы:

1) в результате впервые выполненного анализа, систематизации и обобщения отечественного опыта картографического обеспечения различных сфер научно-технической деятельности обоснованы ключевые этапы его развития с 1970-х гг. до настоящего времени. Устойчивый интерес отечественных исследователей к вопросам картографического обеспечения показывает его важную роль как индикатора востребованности методов картографии при решении прикладных задач в различных сферах (природопользовании, недропользовании, территориальном планировании и др.);

2) установлено существенное расширение номенклатуры результатов картографического обеспечения – от традиционных картографических произведений до электронных картографических, геоинформационных продуктов и мультимедийных, веб-картографических произведений, – в связи с чем их современная форма вступает в противоречие с методологическими принципами, заложенными в 1980-е гг. в рамках модельно-познавательной концепции картографии;

3) выделенные методологические проблемы приводят к появлению производных (смешанных) видов обеспечения научно-технической деятельности, что при сохранении текущих подходов к подготовке картографической продукции влияет на дальнейшее использование методов картографии и геоинформатики для развития приоритетных технологий и отраслей экономики Российской Федерации. *Требуются новый понятийный аппарат и методологический принцип КО НТД*, основанный на системном подходе и отвечающий современному концептуальному и технологическому уровню развития методов создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов для решения задач в научно-технической сфере в условиях цифровизации и интеллектуализации наук о Земле и отраслей экономики.

2 ОСНОВЫ АКТУАЛИЗАЦИИ МЕТОДОЛОГИИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1 Моделирование взаимодействий картографического и геоинформационного обеспечения научно-технической деятельности

2.1.1 Подходы к взаимодействию картографического и геоинформационного обеспечения научно-технической деятельности

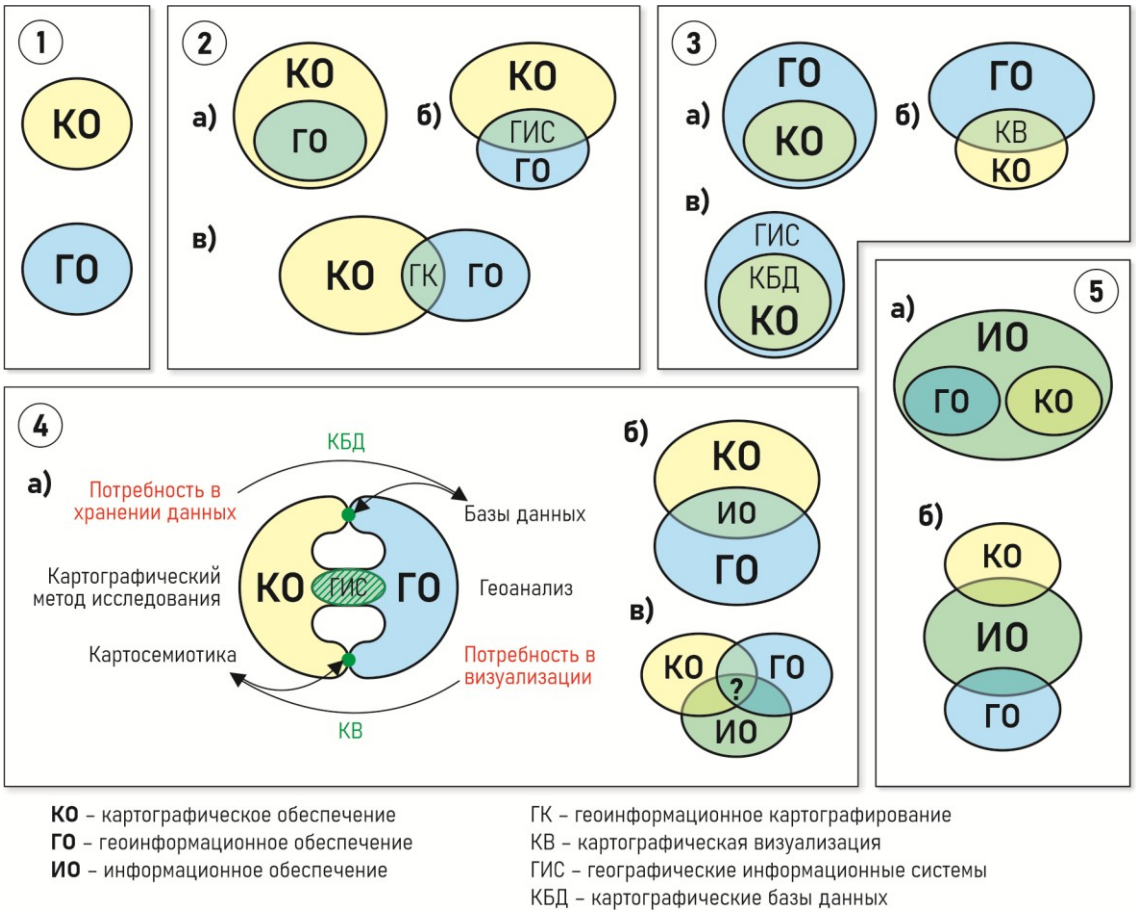
Результаты библиографического анализа диссертационных исследований (см. подразд. 1.2.3, 1.2.4) показали: актуализация методологических принципов картографического обеспечения напрямую связана с особенностями его взаимодействия с другими видами обеспечения пространственными данными. Далее необходимо выявить существующие подходы и смоделировать взаимодействия между картографическим и геоинформационным видами обеспечения научно-технической деятельности.

Впервые проблема соотношения картографического и геоинформационного обеспечения была сформулирована Сербенюком С. Н. в виде «двойственности геоинформационного обеспечения картографии и картографического обеспечения геоинформатики» [207]. Хронологически вопрос относится к периоду внедрения методов геоинформатики в исследования геосистем и восходит к проблеме взаимодействия картографии и геоинформатики, известной по многочисленным работам Берлянта А. М., Иванова А. Г., Карпика А. П., Кошкарева А. В., Лисицкого Д. В., Сербенюка С. Н., Тикунова В. С. и др. Вслед за первым применением в работе Фишера П. Ф., Линденберга Р. Э. (1989) [270] были предложены графические варианты схем взаимодействия картографии и геоинформатики, а также смежных с ними областей науки и техники.

Очевиден сложный характер взаимодействий картографического и геоинформационного видов обеспечения научно-технической деятельности, нередко не поддающийся контролю и формализации. Современные попытки определить их

сходство и различия предпринимались в рамках исследования раннего предупреждения и управления кризисными ситуациями [288], обеспечения территорий [86]. Так, Карпиком А. П. в качестве отличия геоинформационного от геодезическо-картографического обеспечения отмечено «расширение диапазона выполнения комплекса работ от сбора данных о геопространстве до анализа и выработки проекта пространственного решения и передача функции обработки от человека компьютеру с участием человека» [86].

Рассмотренный опыт отечественного картографического и геоинформационного обеспечения научно-технической деятельности пространственными данными (разд. 1) позволяет выделить пять вариантов их взаимодействия (рис. 12) [119].



1 – независимый подход; *2* – картографо-центричный подход; *3* – геоинформационно-центричный подход; *4* – симбиотический подход; *5* – информационно-центричный подход

Рисунок 12 – Модели взаимодействия картографического и геоинформационного обеспечения научно-технической деятельности

Независимое развитие и строгое разделение сфер влияния (независимый подход). Рассмотрение картографического и геоинформационного обеспечения как самостоятельных субъектов (рис. 12, позиция *1*) определяет необходимость строгого разграничения их сфер влияния на уровне результирующих продуктов. Такой подход характерен для догеоинформационного периода картографии, когда в область картографического обеспечения попадала подготовка исключительно традиционных картографических произведений как образно-знаковых моделей исследуемых явлений и пространства, а геоинформационного – создание алгоритмов и программ для работы с пространственными данными и цифровыми моделями пространственно-временных явлений. Точка невозврата – появление в составе результатов картографического обеспечения электронной карты, которая по свойствам является картографическим продуктом, но по техническим характеристикам представляет собой результат использования программных средств. При дальнейшем следовании независимому подходу возможности развития картографического обеспечения существенно сужаются, поскольку создание цифровых картографических продуктов выступает как прерогатива геоинформационного обеспечения, что противоречит действительности (см. рис. 10).

Взаимодействие на базе доминирования картографического обеспечения (картографо-центричный подход). Интеграционные подходы предусматривают взаимодействие картографического и геоинформационного видов обеспечения, основанное как на равноправном существовании, так и на доминировании одного из них. По главенствующему обеспечению выделяются картографо-центричный и геоинформационно-центричный подходы.

Картографо-центричный подход предусматривает приоритизацию картографических вопросов при работе с пространственными данными по следующим сценариям (рис. 12, позиция *2*):

а) геоинформационное обеспечение как частный случай картографического;

б) ГИС как инструмент для реализации процессов картографирования;

в) геоинформационное обеспечение как часть геоинформационного картографирования.

Рассмотрение геоинформационного обеспечения как *частного случая картографического* (рис. 12, позиция *2а*) характерно для ранних этапов развития геоинформатики, когда при первых обращениях специалистов различных отраслей к инструментарию ГИС геоинформатика продолжала восприниматься в качестве производственного направления подготовки информационных (в первую очередь картографических) продуктов как инструментов анализа и поддержки принятия решений.

Понимание *ГИС как инструмента процессов картографирования* и создания отчетных картографических материалов (рис. 12, позиция *2б*) обусловлено тем, что «многие процедуры обработки и анализа данных в геоинформатике основаны на методическом аппарате, ранее разработанном в недрах отдельных отраслей геодезии и картографии» [86]. Такой картографо-центричный подход продолжает преобладать среди специалистов различных отраслей. Например, отнесение геоинформационных продуктов к картографическому обеспечению недропользования и природопользования отмечается в работах Радченко Л. К., Штыковой Н. Б. [194; 243] и др. Вместе с тем показательно исследование Новопашина А. В. (2015), в котором внедрение геоинформационных технологий в алмазопоисковую геологию выступает в качестве попытки расширить «возможности использования геоинформационного обеспечения» – не только для «создания, оформления и анализа электронных карт», но и для решения «разноплановых задач» [154]. Таким образом, с производственной точки зрения наблюдается потребность в альтернативах картографо-центричному подходу, обусловленная междисциплинарностью предметной области геоинформатики.

В настоящее время картографические работы выполняются с помощью геоинформационных методов анализа и публикации пространственных данных, а связующим звеном между картографическим и геоинформационным обеспечением служит особый раздел картографии – *геоинформационное картографирование* (рис. 12, позиция *2в*). Такой картографо-центричный подход применяет Поздня-

ков Д. В. (2007), по мнению которого «картографо-геоинформационное обеспечение обустройства нефтегазовых месторождений опирается на методику геоинформационного картографирования» и «включает в себя методы автоматизации привязки, преобразования и визуализации пространственных данных, картосоставление, создание ГИС, издание карт и других видов картографической продукции» [186].

Взаимодействие на базе доминирования геоинформационного обеспечения (геоинформационно-центричный подход). Интеграция картографического обеспечения в составе геоинформационного не противоречит объективному решению задач автоматизации картографических процессов геоинформационными методами. Более того, ряд исследователей указывает на *преобладание геоинформационного обеспечения* (рис. 12, позиция *3а*) над большинством видов обеспечения отраслей наук из близкого круга геоинформатики. Например, в работе Миловановой М. С. (2012) картографическое, геодезическое, фотограмметрическое и тематическое виды обеспечения включены в состав геоинформационного обеспечения топографического мониторинга арктических территорий «с точки зрения его назначения и решаемых функциональных задач» [144]. Однако их сферы четко разграничены: картографическому обеспечению отводится создание карт и картометрические измерения, геодезическому – создание планово-высотной основы, построение топографических и специальных карт и планов крупных масштабов посредством геодезических измерений и т. д.

Доступность инструментов ГИС и модулей визуализации результатов геоинформационного моделирования укрепила понимание карты как одного из результатов работы в ГИС. Как следствие, распространение получает новый тип геоинформационно-центричного подхода, при котором вопросы картографического обеспечения сводятся к использованию общегеографической основы для оперативной *картографической визуализации* результатов работы инструментов ГИС (рис. 12, позиция *3б*). Преобладание такого подхода среди отраслевых специалистов наглядно демонстрируется частотой появления соответствующего вида результатов геоинформационного обеспечения в диссертационных исследованиях

(приложение А). Такому положению способствует тот факт, что термином «визуализация» в геоинформационной среде обозначаются составление карт, вывод электронных геоизображений на экран. Сужение роли картографического обеспечения до вопросов картографической визуализации также уменьшает перспективы развития коммуникационных возможностей цифровых картографических продуктов, в число которых входят картографические веб-сервисы, геопорталы инфраструктуры пространственных данных.

Попытки преодолеть геоинформационно-центричный подход основаны на учете отмеченных ранее фундаментальных принципов картографии при достижении корректной и наглядной визуализации пространственных данных. Так, в работе Дулина С. К. и Розенберга И. Н. с учетом идей Мартыненко А. И. в отношении «интеграции разнообразных пространственных данных в современных ГИС» «развита концепция картографического образа как теоретической основы разработки средств снижения избыточности рабочих областей» [63]. В рамках этой концепции под реальным выражением «множество картографических объектов геоинформационного пространства» понимается картографическая основа – «*картографическое обеспечение ГИС* (картографическая база данных)» [63] (рис. 12, позиция *3в*). В таком контексте в настоящее время рассматривается ЕЭКО как «картографическая основа государственных геоинформационных систем» [159].

Очевидное доминирование ГИС как технического средства подготовки конечных цифровых картографических продуктов не является прямым свидетельством отнесения рассмотренных вопросов к геоинформационному обеспечению. Сегодня многие компьютерные системы и приложения способны обрабатывать пространственные данные, что ставит под сомнение исключительное право ГИС на работу с пространственными данными. Отдельные исследователи отмечают большую значимость картографии в «преобразовании необработанных пространственных данных в содержательные и визуально привлекательные карты, которые могут облегчить изучение, анализ и принятие решений» [323]. Поэтому для объективного устранения подобных несоответствий результатов, методов и техниче-

ских средств, а также для сохранения вопросов подготовки картографических основ в рамках картографического обеспечения требуется актуализация его содержания, учитывающая не только результаты, но и *системность процесса*.

Взаимодействие с признанием независимых сторон и взаимного обогащения (симбиотический подход). Текущая совокупность результатов картографического и геоинформационного обеспечения (см. подразд. 1.3.1) иллюстрирует актуальность симбиотического подхода, который предусматривает взаимовыгодное взаимодействие с формированием ряда *точек и областей интересов* на их стыке (рис. 12, позиция *4а*). В числе областей интересов развитие ГИС, в которых инструментальная реализация методов пространственного анализа требует всестороннего обращения к разделам системы «создание – использование карт» (например, математико-картографическому моделированию), а эффективность при работе с пространственными данными, в свою очередь, зависит от обращения к инструментам ГИС и языкам программирования для автоматизации картографических задач.

Неоднородность пересечений данных видов обеспечения научно-технической деятельности также способствует формированию отдельных *точечных направлений* совместного развития и появлению на их основе новых способов реализации картографического и геоинформационного обеспечения (рис. 12, позиция *4а*). Например, потребность в хранении пространственных данных при решении картографических задач обусловила появление класса картографических баз данных, а потребность в отображении результатов работы геоинформационных алгоритмов в картографической форме способствовала возникновению картографической визуализации в геоинформатике. Совмещение результатов геоинформационного и картографического обеспечения представлено в работах Васильевой Е. Г. (2006) [32], Деминой О. И. (2013) [58], Красильникова П. А. (2021) [100] и др.

Второй сценарий симбиотического подхода предполагает *конвергенцию* картографического и геоинформационного обеспечения, результатом которой является *информационное обеспечение* (рис. 12, позиция *4б*). В современных усло-

виях результаты картографического обеспечения справедливо могут быть отнесены к информационным ресурсам (носителям картографической информации), создаваемым и/или привлекаемым при разработке и совершенствовании технологических решений в области анализа пространственных данных. При образовании таких ресурсов на основе пространственных данных применяются ГИС-технологии, что подчеркивает значимость геоинформационного обеспечения. В таком понимании с функциональной точки зрения НСПД представляет собой информационное обеспечение государственной кадастровой оценки и других задач, а с технической точки зрения – результат геоинформационного обеспечения (геоинформационная основа системы в форме геопортала (цифрового картографического продукта) с инструментами и сервисами интерактивного взаимодействия с пространственными данными). Картографическим обеспечением НСПД выступают ЕЭКО и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса.

Третий сценарий симбиотического подхода (рис. 12, позиция *4в*) предусматривает *равноправное взаимодействие* картографического, геоинформационного и информационного обеспечения. При таком подходе каждая составляющая обладает собственными характерными видами результатов, а получение информации и доведение ее до пользователя осуществляются посредством производных и смешанных видов обеспечения (например, картографо-информационное, информационно-картографическое, картографо-геоинформационное). В частности, под информационным обеспечением ГИС в ГОСТ Р 52155-2003 понимаются «совокупность взаимосвязанных баз данных, классификаторов, правил цифрового описания, форматов представления данных и комплект соответствующей документации» [44]. Схожее понимание представлено в ГОСТ 28441-99, где информационное обеспечение автоматизированной картографической системы трактуется как «обеспечение цифровой картографической информацией и документами, определяющими правила ее представления» [43]. Таким образом, при симбиотическом подходе информационное обеспечение выступает в качестве результата взаимодействия картографического и геоинформационного и является высшей формой их взаимного обогащения.

Впрочем, не совсем ясна сущность обеспечения, формируемого в результате взаимодействия трех компонентов (рис. 12, позиция *4в*). Его итоговое наименование рискует быть нестандартизированным и зависеть от квалификации специалиста и названия подразделения, в котором осуществляется деятельность по снабжению отраслевых специалистов пространственными данными. Например, сегодня в геологоразведочной отрасли картографическими работами занимаются картографические, маркшейдерские, геодезические, геоматические и иные службы. В случае достижения в научном сообществе консенсуса по предмету и объекту исследования новых технологических направлений работы с пространственными данными этот вариант симбиотического подхода может быть реализован в виде *обеспечения данными* (support by data science), в котором пространственные данные составляют лишь часть общего содержания информационных ресурсов. Альтернативами могут быть геоматическое [326], познавательное, умное, геопространственное [87] обеспечение.

Интеграция с информационным обеспечением (информационно-центричный подход). Рассмотренные подходы иллюстрируют существующие и возможные варианты взаимодействия между двумя основными видами – картографическим и геоинформационным. Вопрос о конвергентном происхождении информационного обеспечения остается дискуссионным, поскольку возможны разные сценарии в рамках информационно-центричного подхода (рис. 12, позиция *5*).

Первый вариант предусматривает *главенствующую роль* информационного обеспечения при создании информационных ресурсов (карты, пространственные данные, цифровые модели, ЕЭКО), т. е. картографический и геоинформационный виды являются лишь частью обеспечения более высокого порядка (рис. 12, позиция *5а*). Такой подход зафиксирован в 12 из 83 (14 %) рассмотренных в подразд. 1.2.4 работ, в которых термин «информационное обеспечение» применяется при характеристике целей исследования [148; 208; 240; 242]. В таких случаях информационно-центричный подход сводится к выстраиванию информационного обеспечения с вложенными картографическим и геоинформационным обеспече-

нием. Например, Любимова А. В. и соавторы (2021) «геоинформационное сопровождение планирования и проведения геологоразведочных работ» трактуют как «важную задачу информационно-аналитического обеспечения». При этом в состав сопровождения входит ряд направлений, формулировки которых фактически описывают спектр задач картографического обеспечения: «подготовка картографической информационной базы, формирование и ведение цифровых картографических данных, оформление и печать картографических материалов и т. д.» [136].

Второй тип информационно-центричного подхода (рис. 12, позиция *5б*) рассматривает информационное обеспечение как направление, *интегрирующее информационные ресурсы*, создаваемые в рамках независимых картографического, геоинформационного и иных видов обеспечения [76]. Подход позволяет выстроить упорядоченную систему информационно-аналитического обеспечения научно-технической деятельности, направленную на формирование информационных ресурсов, доведение их до пользователя, организацию инструментов анализа и получения качественно новых информационных ресурсов с помощью других видов обеспечения. Пример практической реализации – геопортал НСПД, который содержит результаты картографического, геодезического, аэрокосмического и геоинформационного обеспечения.

2.1.2 Потенциал симбиотического подхода к актуализации картографического обеспечения научно-технической деятельности

Рассмотренные модели взаимодействия картографического и геоинформационного видов обеспечения научно-технической деятельности обладают различным потенциалом устранения несоответствия методологических принципов картографического обеспечения современному концептуальному и технологическому уровню развития методов картографии и геоинформатики. На первый план выходит способность научно обосновать создание цифровых картографических и геоинформационных продуктов в составе КО НТД и разрабатывать на основе искомых моделей взаимодействия методологию системы картографического обес-

печения разных сфер. В этом отношении постановка вопроса с позиций поиска различий между картографическим и геоинформационным видами обеспечения не приводит к однозначным выводам. Развитие по пути противопоставления не является единственно верным решением, поскольку в ходе производственных процессов результаты картографического обеспечения обретают черты геоинформационных продуктов, а результаты геоинформационного обеспечения нуждаются в картографической визуализации для дальнейшего анализа человеком – основным субъектом познания окружающей действительности.

В этой связи оптимален симбиотический подход, при котором картографический и геоинформационный виды обеспечения имеют общие точки и области интересов (рис. 12, позиция *4а*). Признание независимости и одновременно равноправное взаимодействие с другими субъектами системы обеспечения пространственными данными позволяют оперативно реагировать на тенденции производственных процессов, в том числе по вопросам распространения и представления пространственных данных в веб-среде. Количество точек и/или областей соприкосновения картографического и геоинформационного обеспечения возрастает по мере дополнения картографических работ новыми источниками данных, средствами хранения и обеспечения доступа пользователей к готовой цифровой картографической продукции. Одной из таких точек могут служить пространственные данные, обеспечение которыми Авдеевым В. А. и Яблонским Л. И. (2023) определяется как результат «согласованного (интеграционного) развития геодезического и картографического обеспечения экономической и военной деятельности страны» [2].

В сочетании со сценарием равноправного взаимодействия трех видов обеспечения (рис. 12, позиция *4в*) симбиотический подход позволяет привести в соответствие имеющиеся разрозненные представления о совокупности результатов картографического и геоинформационного обеспечения и их отнесении к конкретному виду без формирования производных (смешанных), способствующих дополнительной неопределенности в терминологии. Однако, помимо этих мер, для преодоления многогранности трактовок, осложняющих модернизацию мето-

дологии картографического обеспечения и сохранение его значимости в решении практических задач, также требуется переосмысление понятия «картографическое обеспечение» и его сущности на теоретическом уровне вне прикладного использования, на который дается акцент в подавляющем большинстве современных исследований.

2.2 Систематизация результатов картографического обеспечения как мера актуализации его методологических принципов

В целях актуализации методологического принципа КО НТД выполнена систематизация результатов исследований в области картографического обеспечения различных сфер научно-технической деятельности по публикациям, характеризующим опыт отечественного картографического обеспечения различных сфер (подразд. 1.2.1). На основе симбиотического подхода к взаимодействию картографического и геоинформационного видов обеспечения разработано технологическое решение, позволяющее оценить устойчивость использования термина «картографическое обеспечение» в опубликованных исследованиях применительно к текущей совокупности цифровых картографических и геоинформационных продуктов и тем самым научно обосновать их создание в составе картографического обеспечения. Количественным критерием оценки выступает процент использования терминов: «картографический», «геоинформационный», «информационный», рассчитанный для каждого вида результатов следующим образом [130]:

1) вычисление частоты встречаемости уникальных пар «вид обеспечения – вид результата обеспечения»;

2) присвоение баллов каждому виду результатов обеспечения по следующей схеме: единое наименование обеспечения (например, «картографическое») – 1 балл; двойное («геоинформационное и картографическое») – 0,5 балла для каждого вида; смешанное («геоинформационно-картографическое») – 0,75 и 0,25 балла соответственно порядку очередности в термине;

3) суммирование баллов по каждому виду результатов обеспечения и вычисление процентного соотношения видов;

4) вычисление устойчивости отнесения каждого вида результатов к тому или иному виду обеспечения (разность максимального и минимального ненулевого процента устойчивости);

5) классификация видов результатов обеспечения по устойчивости использования термина «картографическое обеспечение» (устойчивость – более 76 %; умеренная вариативность – от 51 до 75 %; сильная вариативность – менее 50 %).

Анализ подтверждает доминирование отнесения к результатам КО НТД традиционных картографических произведений (атласов, системы карт, карт, серии карт, тематических, туристских карт, картографических материалов) (приложение А, табл. А.1). Вместе с тем высокая устойчивость зафиксирована в отношении картографических веб-сервисов и картографических основ, что иллюстрирует тенденцию активного использования веб-технологий при выполнении КО НТД.

Наименьший процент использования термина «картографическое обеспечение» зафиксирован для инфраструктуры пространственных данных, БПД, геоинформационных продуктов и картографических баз данных. Это подтверждает объективность симбиотического подхода: такие продукты в большей степени ассоциируются с геоинформационным и информационным обеспечением, но данный подход позволяет обосновать их подготовку в составе картографического обеспечения. Она осуществляется в настоящее время, исходя из множества публикаций, в которых рассматриваются соответствующие вопросы.

Помимо собственно результатов, в публикациях по картографическому обеспечению различных сфер научно-технической деятельности также рассматриваются картографические и геоинформационные процессы. Статистический анализ показал высокую устойчивость ассоциируемости картографического обеспечения с картографическим методом исследования и со следующими процессами картографии: созданием карт, картографической визуализации, разработкой условных обозначений, созданием карт с использованием ГИС (приложение А, табл. А.1). Полученные результаты подтверждают доминирование основного ме-

тодологического принципа картографического обеспечения, однако появление в указанном ряду геоинформационной терминологии (например, выражения «геоинформационное картографирование» с умеренной вариативностью) свидетельствует *об изменении* парадигмы картографического обеспечения.

Графическое отображение полученных статистических результатов, а также идеального распределения цифровых картографических и геоинформационных продуктов между рассматриваемыми видами обеспечения достигается с помощью треугольных диаграмм – моделей вида «симбиотический треугольник». В гексагональной модели (рис. 13) внутренние элементы размещены с учетом статистического анализа наименований обеспечений в публикациях.



Рисунок 13 – Гексагональная модель текущего распределения видов результатов картографического обеспечения

Модель позволяет охарактеризовать современный состав результатов, т. е. описать форму картографического обеспечения – то, что видит и с чем взаимодействует пользователь при выполнении прикладных задач. Учитывается также многоаспектность современных картографических продуктов: в зависимости от

контекста каждый из них может интерпретироваться как результат геоинформационного и информационного обеспечения [130]. В этом отношении модель не исключает взаимных переходов из одного обеспечения в другое: подобная ситуация была подробно разобрана Карпиком А. П. на примере перехода обеспечения устойчивого развития территорий из геодезическо-картографического в геодезическое информационное [86]. Таким образом, симбиотический подход позволяет научно обосновать отнесение совокупности современных цифровых картографических и геоинформационных продуктов к результатам картографического обеспечения.

Вместе с тем симбиотическая модель распределения результатов обеспечений наглядно иллюстрирует проблему хаотичного использования термина «картографическое обеспечение» для обозначения принадлежности результатов изысканий к тому или иному виду картографической деятельности. Отсутствие системности проявляется в смежном размещении в гексагональной модели различных видов результатов картографического обеспечения, в том числе учебных пособий, программных модулей, данных ДЗЗ из космоса и т. д. Рис. 14 представляет *идеальный* вариант распределения результатов обеспечений с учетом их формы и содержания.



Рисунок 14 – Треугольная модель идеального распределения результатов обеспечения

Цветные дуги иллюстрируют степень удаленности результатов от чистой формы конкретного обеспечения, под которой для картографического обеспечения понимаются традиционные картографические произведения; для геоинформационного – ГИС и геоинформационные модели; для информационного – информационные ресурсы. Стороны треугольника представляют собой взаимодействия и отражают возможные варианты результатов смешанных (производных) видов обеспечения. Так, по стороне «КО – ГО», помимо собственно картографического и геоинформационного обеспечения, допускается наличие следующих смешанных видов: картографо-геоинформационное (КО/ГО), геоинформационно-картографическое (ГО/КО). Пересечения между пограничными областями образуют внутренние элементы – выявленные ранее и возможные виды результатов обеспечений.

Согласно идеальной модели электронные карты тяготеют к картографическому обеспечению, однако также могут служить результатом картографо-информационного или картографо-геоинформационного; программные модули могут быть созданы в рамках геоинформационного и/или информационного обеспечения, но еще частично входят в сферу интересов собственно картографического обеспечения. При этом равноудаленным от трех видов обеспечения результатом выступают пространственные данные как самостоятельный информационный ресурс – основа картографического и геоинформационного моделирования геосистем и «информационного обеспечения территории» [96] и ряда других сфер.

Сильная вариативность терминологии, применяемой при отнесении результатов к видам обеспечения, дает основание предполагать, что систематизация результатов картографического обеспечения – *необходимое, но не достаточное* условие для актуализации его методологических принципов. Продолжение прямого использования традиционного принципа без адаптации к современным условиям многообразия результатов КО НТД усложняет решение выявленной ранее научной проблемы (см. разд. 1). Между тем значимость преобразований подтверждается исследованиями в смежной области геоинформационного обеспечения: так, Елюшкин В. Г. отмечает, что применение традиционных подходов «может при-

вести только к смене названия существующего обеспечения без изменения его содержания и, как следствие, консервации его несоответствия современным требованиям» [66]. В этой связи нужна не только дальнейшая систематизация формы картографического обеспечения, но также во многом выявление и развитие иных подходов к его пониманию, которые позволят рассмотреть его различные аспекты и проявления в практике решения прикладных задач научно-технической деятельности.

2.3 Совершенствование методологических принципов картографического обеспечения научно-технической деятельности

2.3.1 Систематизация отечественных и зарубежных подходов к пониманию картографического обеспечения

Библиографический анализ отечественных публикаций (подразд. 1.2) свидетельствует о востребованности картографического обеспечения для развития сфер научно-технической деятельности Российской Федерации. Вместе с тем редкие исследования либо ссылаются на действующие нормативные определения понятия «картографическое обеспечение», либо содержат авторские трактовки (табл. 2), в которых акцентируется внимание на комплексе мероприятий, приводящем к результатам картографического обеспечения. В смежном геоинформационном обеспечении новые дефиниции указывают на деятельный аспект, содержат попытки представить обеспечение как систему.

Таким образом, эволюция понятийного аппарата иллюстрирует наличие отдельных точек зрения, дополняющих и/или альтернативных доминирующему пониманию картографического обеспечения. В этом отношении редкие зарубежные публикации, в которых имеются формулировки вида «map support», «cartography in…», «map-base decision support system» и др. [130; 293], позволяют выделить и охарактеризовать существующие подходы к определению картографического обеспечения и его роли в картографии (табл. 3).

Таблица 2 – Эволюция терминологии относительно видов обеспечения научно-технической деятельности

Источник	Определение
Картографическое обеспечение	
ГОСТ 21667-76	Картографическая обеспеченность – наличие карт, необходимых для выполнения каких-либо работ [42]
ГОСТ 28441-99	(Цифровое) картографическое обеспечение – комплекс мероприятий, направленных на создание, хранение цифровой картографической продукции и выдачу ее потребителям [43]
Алексеенко Н. А. (2014)	Картографическое обеспечение включает создание отдельных карт, серий карт, атласов, информационно-картографических систем, баз данных, мультимедийных проектов [6]
Карманова М. В. (2022)	Картографическое обеспечение 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 [81]
ГОСТ Р 70955-2023	(Цифровое) картографическое обеспечение – комплекс мероприятий, направленных на содействие решению широкого спектра задач потребителей (цифровой) картографической продукцией [52]
Другие виды обеспечения	
Карпик А. П. (2004)	Геоинформационное обеспечение – это новый, развивающийся на основе компьютерных технологий вид деятельности по удовлетворению экономических и общественных потребностей в геоинформации для определенной территории путем ее сбора, моделирования геопространства, пространственного анализа, подготовки пространственных решений, интеграции и распространения с использованием геоинформационных систем [86]
Зализнюк А. Н., Гоманов Д. Е., Фисич Б. А. (2018)	Топогеодезическое обеспечение военных действий представляет собой цепь именно информационных процессов, которые можно разделить на следующие этапы: выполнение измерений (получение первичных, исходных пространственных данных), изготовление продукции топографического производства (средств топогеодезической информации (ТГИ)), доведение средств ТГИ до потребителя, применение средств ТГИ [68]
	Геоинформационное обеспечение – это новый вид оперативного (боевого) обеспечения системы управления Вооруженных Сил РФ; комплекс мероприятий, проводимых органами топографической службы по сбору, обработке, анализу и публикации пространственных данных в интересах ситуационной осведомленности командиров и штабов о текущей обстановке, а также принятия обоснованного решения на операцию (бой), планирования операции (боя), управления войсками (воинскими частями, подразделениями) в ходе операции (боя) [68]
ГОСТ Р 70175-2022	Информационно-картографическое обеспечение включает в себя правила цифрового описания картографической информации цифровых и электронных карт, основные положения по созданию и обновлению топографических карт, классификатор картографической информации, классификатор справочно-технологических параметров [50]

Источник	Определение
Авдеев В. А., Яблонский Л. И. (2023)	Система обеспечения пространственными данными 1) в широком смысле – система сбора (получения) информации, создания пространственных данных, хранения и обеспечения ими потребителей; 2) в узком смысле – непосредственное обеспечение потребителей пространственными данными (доведение данных до потребителей) [2]
Чернов И. В., Осипов Г. К., Левадный Ю. В. (2023)	Геоинформационное обеспечение – это система (комплекс) или процесс, реализуемый этой системой, по снабжению потребителя требуемыми (для достижения им цели) геопространственными данными в требуемом объеме с качеством, не хуже необходимого, в директивный (предельно допустимый) срок. В обобщенной и упрощенной формулировке геоинформационное обеспечение – снабжение потребителя геопространственными данными [234]

Таблица 3 – Подходы к пониманию КО НТД

Подходы	Разновидности подходов	Некоторые примеры
Обеспечение как результат (ассоциируемость с конечной картографической продукцией)	Собственно результат (выполнить картографическое обеспечение – значит снабдить картами)	Большинство отечественных исследований (см. подразд. 1.2.1)
	Одна из функций карт	Freitag U. (1993) [273]; Лютый А. А. (2002) [138]
	Картографический метод исследования	Большинство отечественных исследований (см. подраздел 1.2.1)
	Система карт. Системный процесс картографирования	Кусильман М. В., Запруднова З. А. (2014) [101]; Тюкленкова Е. П. и др. (2014) [226]; Карпачевский А. М. (2018) [82]; Алексеенко Н. А. (2019) [4]
Обеспечение как процесс (рассмотрение вопросов создания и использования картографической продукции)	Картографические работы, комплекс мероприятий	ГОСТ 28441-99 [43]; Алексеенко Н. А. (2019) [4]; ГОСТ Р 70955-2023 [52]; Чернов И. В., Якунин В. И. (2023) [236]
	Проблемное картографирование	Старостин Е. С. (1990) [216]
	Создание цифровых картографических продуктов по принципам геовизуализации	Armstrong M. P., Densham P. J. (2008) [253]; Voženílek V., Zajíčková L. (2010) [329]; Gustafsson F. и др. (2012) [305]; Župan R. и др. (2022) [331]
	Автоматизация картографических процессов	Mackaness W. (1995) [302]; Lukes G. E. (1995) [300]; Trainor T. (2003) [324]; Beard C. и др. (2011) [257]; Jobst M. и др. (2021) [282]
	Создание систем поддержки принятия решений и их пространственно-ориентированных модификаций (в том числе экспертных систем, основанных на базах знаний)	Reisinger T. W., Davis C. J. (1986) [314]; Stanek K. и др. (2007) [320]; Rayed C. A. (2012) [313]; Huang H. и др. (2021) [280]; Pipišková P. и др. (2022) [312]
	Пространственная информация для поддержки принятия решений	Ormelling F. (2010) [306]

Обеспечение как результат. Доминирующий методологический принцип акцентирует внимание на разнообразии картографической продукции, которая создается для удовлетворения потребностей пользователей. В настоящее время принцип способствует приравниванию выражения «картографическое обеспечение» к терминам «карта», «система карт» [79], «картографический материал» [226] с соответствующим рассмотрением вопросов «точности картографического обеспечения» [203], составления элементов карт и др. (см. подразд. 1.2.1). Ассоциируемость с конечным результатом способствует формированию двух разновидностей рассматриваемого подхода, трактующих картографическое обеспечение как одну из функций карты и как синоним прикладного аспекта картографического метода исследования.

В работах Салищева К. А. (1982, 1983) картографическое обеспечение отмечается в составе конструктивной *функции карты* [138], в публикации Фрайтага У. (1993) – в составе функции «поддержка решений» [273]. Тем самым с помощью термина «обеспечение» фиксируется необходимость использования карты для сопровождения различных хозяйственных и социальных проектов, т. е. научно-технической деятельности.

Картографическое обеспечение также выступает как собственно *применение картографического метода исследования* на практике. Однако следует учитывать, что картографический метод не ограничивается прикладным использованием карты. Так, Асланикашвили А. Ф. рассматривал его «как сложную систему картографических форм логических приемов научного познания, пронизывающую все виды картографирования» [84]. Многогранность картографического метода также отражена в работе Карпенко А. С. (1972), где он упоминается как особый логический метод познания, как метод систематизации, хранения и передачи информации, как конкретный научный метод исследования [83]. В этой связи текущие попытки адаптации картографического метода к требованиям современного информационного общества [20] в сочетании с его синонимизацией с картографическим обеспечением могут привести к дальнейшему усилению геоинформационной составляющей и геоинформационно- и/или информационно-

центричного подхода к взаимодействию видов обеспечения (см. подразд. 2.1.1). Например, система цифровых картографических моделей природных ресурсов как «средство систематизации и визуализации разнородных данных» выступает аспектом «информационного обеспечения управления региональным природопользованием» [153]. Ввиду вышесказанного анахронично продолжать рассматривать картографическое обеспечение исключительно как результат применения картографического метода исследования в традиционном понимании. В противном случае допускается логическая ошибка, как если картографическое производство рассматривать только с позиции издания карт, не охватывая весь комплекс методов и процессов (в том числе геодезическое обоснование, топографическую съемку, составление, редактирование, издание карты), конечным результатом которых являются карта или цифровые картографические продукты.

Следует также отметить, что в единичных исследованиях совмещаются понимания картографического обеспечения *как системы карт и как собственно системы*. На примере картографического обеспечения особо охраняемых территорий показано, что «комплексное системное картографическое обеспечение имеет две основные стороны – системный подход к явлениям, которые картографируются, и системную организацию процесса картографирования» [4]. В работе Кусильман М. В., Запрудновой З. А. [101] не только система картографического обеспечения экологического мониторинга при строительстве объектов газодобывающей промышленности рассматривается с позиций модельно-познавательной концепции, но и затрагиваются картосемиотические вопросы. Таким образом, стимулируется расширение функциональных возможностей не только карты, но и картографии в контексте применения ее методов при решении задач научно-технической деятельности.

Обеспечение как процесс, деятельность. Переход традиционной картографии в цифровую среду с соответствующим использованием новых технологий создания, хранения и предоставления доступа к цифровым картографическим продуктам нашел отражение в регламентировании понятия «(цифровое) картографическое обеспечение», которое согласно ГОСТ 28441-99 представляет собой

«*комплекс мероприятий*, направленных на создание, хранение цифровой картографической продукции и выдачу ее потребителям (курсив мой. – *Д. Л.*)» [43]. Такая трактовка предполагает, что под обеспечением понимается не только результат (обезличенный термином «картографическая продукция»), но и во многом создание, хранение и выдача этого результата конечному пользователю, т. е. картографические работы. В обновленном в 2023 г. определении отсутствует акцент на картографических работах, но появилась цель обеспечения – «содействие решению широкого спектра задач потребителей (цифровой) картографической продукцией» [52]. Такая трактовка исправляет несоответствие прежнего определения понятию «обеспечение», представленному в словарях русского языка как деятельность, процесс [25; 224], а также приближает картографическое обеспечение к смысловому содержанию термина «геоинформационное обеспечение»: «вид деятельности» [86], «цепь информационных процессов», «комплекс мероприятий» [68], «система (комплекс) или процесс» [234].

Примеры реализации подхода иллюстрируют преимущества комплексного понимания картографического обеспечения. Так, оно выступает как единый целенаправленный процесс, «включающий два основных этапа – создание и издание картографической продукции» [236]. Алексеенко Н. А. отмечает роль картографического обеспечения как «практически ориентированного функционального направления картографии» [4]. В работах по управлению кризисными ситуациями картографическое обеспечение рассматривается как особый вид деятельности, выполняющий определенные функции (визуализацию и коммуникацию) с помощью картографической визуализации [314], веб-карт и приложений [331].

Несмотря на то что библиографический анализ международных систем цитирования выявил существенно меньший интерес к рассматриваемой теме, чем в русскоязычной картографии, имеющиеся исследования позволяют выделить понимание картографического обеспечения как *создания цифровых картографических продуктов* и их применения в той или иной отрасли экономики (cartographic support, map support). Трактовка близка к русскоязычной картографии, однако в мировом сообществе использование карт затрагивается в контексте геовизуализа-

ции [253], картографической визуализации [305; 329], создания веб-карт и картографических приложений. В таких работах обеспечение считается средством «ускорения коммуникации и незаменимым источником информации для прогнозирования рисков и опасностей, а также анализа влияния кризиса на конкретную территорию» [331], служит реализацией техник визуализации, которые могут обрабатывать динамические ситуативные данные [288; 319].

Другая разновидность вышеупомянутого подхода предполагает рассмотрение вопросов *автоматизации картографических процессов*. Имеются примеры разработки автоматизированных картографических систем для составления карт переписи населения [257; 324], автоматизированной картографической генерализации [302], создания и ведения картографических баз данных [300], сервиса векторного кэширования пространственных данных для передачи результатов анализа и картографической визуализации больших данных [282]. Наличие такого подхода подтверждает ранее выдвинутый тезис о возможности включения программных инструментов подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов в состав результатов картографического обеспечения (см. подразд. 1.3.1).

Следующая разновидность вышеупомянутого подхода трактует *обеспечение как создание систем поддержки принятия решений* и схожа с рассмотренным ранее пониманием его как системы, однако в данном случае речь идет о технической реализации в виде систем поддержки принятия решений и их пространственно-ориентированных модификациях, в том числе экспертных систем, основанных на базах данных и базах знаний. Системы поддержки принятия пространственных решений (spatial decision support systems) востребованы в различных сферах с 1970-х гг. [322]. Текущие реализации опираются на пространственные данные, картографические базы данных, онлайн ГИС-приложения с картографическим веб-интерфейсом, веб-ГИС. Они иллюстрируют значимость разработки пользовательских интерфейсов карт и веб-сервисов для картографической поддержки оценок использования земель и почв [312], пешеходной навигации [280], моделирования промышленных загрязнений [313], лесной промышленности [314],

планирования маршрутов доставки [251], управления кризисными и чрезвычайными ситуациями [311; 320].

Отдельно следует отметить концептуальный подход, рассматривающий использование пространственной информации для поддержки принятия решений как новую парадигму картографии, которая, по мнению Ормелинга Ф. (2010), пришла на смену созданию и использованию карт и стала возможна благодаря применению компьютерных технологий и последующему отделению «функции хранения карты от функции коммуникации (передачи знаний)» [306]. Таким образом, картографическое обеспечение не только не ограничивается подготовкой карт, но также сопровождается снабжением пространственной информацией и средствами ее использования, в том числе системами поддержки принятия решений.

2.3.2 Поликонцептуальность современной картографии как теоретическая основа нового методологического принципа картографического обеспечения

Анализ подходов к пониманию КО НТД показал наличие точек зрения, позволяющих комплексно подойти к актуализации теоретико-методологических основ картографического обеспечения в современных условиях цифровизации и интеллектуализации наук о Земле для усиления его позиции в системе обеспечений пространственными данными. При этом необходимо учесть текущее состояние и тенденции в теории картографии, которая в настоящее время отличается непрерывным поиском новых направлений развития для соответствия научно-техническому прогрессу, в том числе на фоне растущего интереса к методам и технологиям искусственного интеллекта [125; 283; 290; 292]. Например, за последние годы было предпринято много попыток уточнения терминов «картография» [321; 328], «карта» [265; 271], исследования роли карт [269] периодизации развития концепций картографии [278; 307], анализа тенденций и современных направлений картографии [85; 256; 274; 279].

Одной из тенденций, обозначенной еще в 1990-х гг. Берлянтом А. М., является интеграция теоретических концепций как систем точек зрения на предмет и

метод исследования, а также на интерпретацию основных процессов развития картографической науки и производства. Согласно Фэйрбейну Д. и соавторам, «за последние 70 лет исследователи в области картографии находились под влиянием как минимум четырех основных парадигм, каждая из которых повлияла на развитие дисциплины, но при этом пересекалась и сосуществовала с остальными» [269]. Азокар Фернандес П. И. выделяет шесть картографических тенденций: картографический язык, коммуникацию, аналитическую картографию, картографическую визуализацию, критическую и пострепрезентационную картографию [254]. При подведении итогов Международной картографической конференции 2025 г. Гартнер Г. (в 2011–2015 гг. и с 2023 г. по н. в. – президент МКА) также отметил четыре парадигмы в теории картографии: картографическую коммуникацию, визуализацию, количественную картографию (геоинформационная концепция), критическую картографию [104].

Таким образом, с учетом того, что современная картография представляет собой мультидисциплинарную область с несколькими внутренними парадигмами [255], целесообразно выявить в теоретико-методологических основах КО НТД отдельные компоненты теоретических концепций и направлений. О правомерности такого подхода свидетельствует как минимум наличие работ, в которых в составе картографического обеспечения рассматриваются картосемиотические вопросы разработки системы условных обозначений [81; 101]. В этой связи, помимо модельно-познавательной концепции картографии для актуализации методологических принципов КО НТД также могут быть полезны ключевые аспекты иных концепций, которые тезисно рассматриваются далее.

Коммуникативная концепция близка к пониманию картографического обеспечения как процесса взаимодействия человека с картографическими продуктами в контексте получения информации. Несмотря на то что пик ее популярности пришелся на 1960–1980 гг., когда были представлены основные модели передачи картографической информации [258], современная интерпретация обосновывает использование данных для «эффективного создания лучшего дизайна карт и коммуникации» [284]. Поэтому в целях большего сближения картографической тео-

рии и практики учет рассматриваемой концепции позволит включить в область КО НТД принципы UX/UI-дизайна цифровых картографических продуктов, вопросы дизайна карт, визуализации пространственных данных, а также психофизиологические аспекты восприятия при взаимодействии с картографическими продуктами.

Направление *аналитической картографии* для картографического обеспечения интересно тем, что исследования Тоблера У. и его единомышленников были сфокусированы на развитии картографических данных как основы информационной системы. Работы Моеллеринга Г. по концепции «реальные и виртуальные карты» представляют особый интерес для современного картографического обеспечения, поскольку являются первыми попытками «свести всё многообразие новых пространственных моделей… к привычному и всеобъемлющему термину “карта”» [19] и позволяют рассмотреть изнутри процесс взаимных преобразований цифровых картографических продуктов и современных результатов картографического обеспечения (см. рис. 13).

Концепция геовизуализации начала формироваться в 1990-х гг. на основе коммуникативной, картосемиотической концепции и когнитивной картографии под влиянием развития технических средств и геоинформатики. Применительно к картографическому обеспечению актуальность ее основных положений состоит «в растущих потребностях совместного принятия решений, поддерживаемых пространственными представлениями и наборами данных, во многих областях человеческой деятельности» [328], что прямо соответствует целям картографического обеспечения. Согласно Дибиазу Д. (1990), Фрейзеру Тэйлору Д. Р. (1991), МакЭхрену А. (1994), геовизуализация предполагает «использование новейших средств и цифровых технологий для отображения пространственно-временной географической информации» [19], а карты выступают как инструменты, используемые для понимания пространственных отношений, поддерживающие мыслительные процессы пользователей. Геовизуализация рассматривается одновременно как «процесс использования ресурсов пространственных данных для удовлетворения научно-общественных задач и сфера научно-технической деятельности, в которой

разрабатываются визуальные методы и инструменты для обеспечения широкого спектра задач с пространственными данными» [277]. В этой связи полезно учесть основные принципы картографического куба использования карт – концептуальной модели функций геовизуализации, которая была сформирована МакЭхреном А. [301] с позиций научной картографической визуализации как способа визуального мышления («генерации идей через создание, проверку и интерпретацию визуальных представлений ранее невидимого») и визуальной коммуникации («эффективного распространения идей в визуальной форме») [267].

Повышенный интерес к ревизии наследия теоретических школ мировой картографии в рамках *критической* (работы Харли Б. и последователей), *постпрезентационной* [315], *неопрагматической картографии* [290] способствует новому пониманию значения картографического обеспечения для картографии. Связанные с переосмыслением понятия карты, отстаиванием различных точек зрения на неизбежную субъективность картографической модели и конструирования окружающей действительности с помощью карт новые направления рассматривают картографию «как процессуальную науку, а не как науку, основанную на представлении информации» [285] и способствуют росту числа исследований в области картографической этики, повышению «доверия к картам» [263; 275]. Эти направления связаны с картографическим обеспечением, поскольку с помощью карт и других цифровых картографических продуктов принимаются решения для взаимодействия с аспектами окружающей действительности. Критическая картография также привносит альтернативные точки зрения на эволюцию результатов и технических средств картографического обеспечения. Например, Крэмптон Дж. (2010) отмечает, что «современная карта не совершеннее изготовленной в прошлом веке – она просто другая, поскольку предназначена для решения других задач (или тех же, но иначе понимаемых)» [264]. При этом новое направление «постчеловеческая картография» (posthuman cartography) концептуализирует карты и процесс картографирования как «динамическую систему интерактивных взаимоотношений человеческих и нечеловеческих участников» [292].

2.3.3 Новый методологический принцип системности картографического обеспечения научно-технической деятельности

Итоги систематизации состава результатов картографического обеспечения (подразд. 2.2), выявления подходов к его пониманию (подразд. 2.3.1) и рассмотрения текущей поликонцептуальности картографии (подразд. 2.3.2) положены в основу *нового методологического принципа системности КО НТД.* Новый методологический принцип:

– рассматривает картографическое обеспечение *как систему*, компоненты которой реализуют *процесс* картографического обеспечения на современном концептуальном и технологическом уровне развития методов создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов на основе пространственных данных;

– акцентирует внимание на системности процесса, в котором *результаты* обеспечения (совокупность цифровых картографических и геоинформационных продуктов) являются частью системы и выступают как *его внешнее проявление, осязаемое для большинства конечных потребителей и взаимосвязанное с их требованиями к конечному результату*;

– отражает способность системы картографического обеспечения адаптироваться к внешним изменениям в соответствии с процессами саморегулирования и саморазвития;

– отвечает тенденциям развития современной картографии в эпоху цифровой трансформации научно-технической деятельности и учитывает основные положения ведущих концепций картографии: обеспечение одновременно предстает как средство познания аспектов окружающей действительности (модельно-познавательная концепция), коммуникация между компонентами системы (концепция картографической коммуникации), а также как особый процесс (практика [315]) картографии (пострепрезентационная картография), который лучше всего соотносится с определениями понятия «обеспечение» [25; 224];

– позволяет отразить многоаспектную деятельность специалистов-картографов по подготовке цифровых картографических и геоинформационных продуктов, которые в настоящее время рассматриваются с позиций иных видов обеспечения;

– обладает потенциалом к устранению разрыва между «рядом теоретических и методологических исследований» и «первоочередными запросами производственной сферы тематической картографии» [246].

Расширенное понимание картографического обеспечения как системы и процесса картографии, направленного на познание окружающей действительности в контексте решения прикладных задач научно-технической деятельности, неразрывно связано с его ведущей силой – человеком. В отечественной картографии человеко-ориентированная практика нашла отражение в модели картографии Лютого А. А., в которой «картографическая деятельность представлена как функционирующая и развивающаяся система, находящаяся во взаимосвязи с более сложной социальной системой» [246]. Человеко-ориентированный подход также присутствовал в ранних определениях понятия ГИС. Например, Конечный М. (в 2003–2007 гг. – президент МКА) и Райс К. считали, что «географическая информационная система – это система, состоящая из людей, а также технических и организационных средств, которые осуществляют сбор, передачу, ввод и обработку данных с целью выработки информации, удобной для дальнейшего использования в географическом исследовании и для практического применения» [287]. На необходимость учета социального аспекта также указывал Фрейзер Тейлор Д. Р. (в 1987–1995 гг. – президент МКА), отмечая в контексте анализа путей развития географии, ГИС и современной картографической науки, что «картография – практическая дисциплина, но необходимо развивать и поддерживать интеллектуальное начало и рассматривать не только продукты, но и процессы, особенно в социальном контексте» [271]. Таким образом, присутствие человека – обязательное условие функционирования картографии.

2.3.4 Картографическое обеспечение как системный процесс картографии

Переход к новому методологическому принципу системности КО НТД сопряжен с философской проблемой конфликта формы и содержания. Для ее решения требуется ответить на вопрос: *чем отличается картографическое обеспечение от картографирования и картографического моделирования, если в традиционном понимании результатом всех процессов является карта?*

Для ответа на поставленный вопрос необходимо обратиться к существующим точкам зрения на суть исследуемых процессов. Так, понятия «картографирование» и «картографическое моделирование» рассматривались отечественными картографами преимущественно с практических позиций. Картографирование сводилось к «процессу создания картографических произведений» [241; 263]; «комплексу мероприятий по созданию карты или ряда карт какой-либо области» [42]; «совокупности методов и процессов создания географических карт» [24]; «совокупности этапов, процессов, научно-технических методик, технологий и алгоритмов полевого и камерального создания картографических произведений» [37]. В свою очередь, под картографическим моделированием понимались «создание карт методом построения пространственных моделей» [21], «создание, анализ и преобразование картографических произведений – заместителей реальных объектов с целью использования их для приобретения новых знаний об этих объектах» [222]. Хотя Берлянт А. М. подчеркивал возможность использования термина «картографическое моделирование» как эквивалента «проектирования и составления карт» и «использования карт» в теоретико-методологическом плане [18], однако в научной литературе по-прежнему представлены трактовки картографического моделирования как «создания и анализа картографических изображений» [34]. Таким образом, наблюдается синонимия «картографирования» и «картографического моделирования», а также «картографического обеспечения».

Между тем с позиций теории познания Асланикашвили А. Ф. проводил четкую грань между картографированием и моделированием, отмечая, что предмет картографического моделирования – конкретное пространство («порядок взаимо-

расположения предметов и явлений реальности как между собой, так и с пространственной системой отсчета»), а предмет картографирования – «единство содержания и пространства, всегда временно определенного» [11]. Таким образом, картографирование представляет собой не только метод отображения действительности, но во многом процесс познания содержания и пространства объекта исследования в определенный момент. Комплексное осуществление этого процесса требует картографического моделирования для фиксации пространственного аспекта объекта исследования и других способов моделирования для раскрытия содержательного аспекта. Например, объект геологического картографирования – совокупность геологических тел, процессов, их взаимоотношений, развития и пространственного размещения, комплексное изучение которых требует привлечения картографического, геологического, а с некоторых пор и геоинформационного моделирования.

Предлагаемый новый методологический принцип позволяет доказать, что процесс картографического обеспечения включает результат применения картографического метода исследования, но не сводится к нему. Картографирование, картографическое и иные виды моделирования – неотъемлемая *часть* картографического обеспечения, поскольку они продуцируют итоговый результат, позволяющий исследовать конкретную область пространства (рис. 15). Для этого могут привлекаться несколько видов картографирования, например, в картографическом обеспечении недропользования используются геологическое, геофизическое, топографическое, геохимическое и другое картографирование. При этом картографические продукты в рамках обеспечения создаются во многом не для того, чтобы зафиксировать состояние действительности в определенный момент (как при картографировании), а для решения определенной задачи рационального взаимодействия с пространственным и содержательным аспектами исследуемой части окружающего мира. Как итог, сфера интересов картографического обеспечения шире и включает использование новых знаний, полученных в результате картографического моделирования и картографирования (т. е. всестороннего исследования предмета).



Рисунок 15 – Взаимосвязи между картографическим обеспечением, картографированием и картографическим моделированием (цифры расшифрованы в тексте)

В теоретическом плане взаимосвязи между картографическим обеспечением, картографированием и картографическим моделированием образуются в процессе картографического обеспечения, который включает:

1) запрос на снабжение сведениями об объекте исследования научно-технической деятельности и инструментами его познания;

2) обращение к видам картографирования и моделирования, относящимся к объекту исследования;

3) познание объекта исследования;

4) создание цифровых картографических и геоинформационных продуктов для решения прикладных задач научно-технической деятельности;

5) формирование результатов картографического обеспечения;

6) предоставление доступа к результатам картографического обеспечения;

7) использование результатов картографического обеспечения для рационального взаимодействия с пространством и содержанием объекта исследования.

Изложенное понимание взаимодействия процессов картографии отражается в коммутативной схеме, в которой на основе диалектической и векторно-комбинаторной логики Черкашина А. А. [36] картографическое моделирование представлено тезисом, картографирование – антитезисом, картографическое обеспечение – синтезом (рис. 16, *а*). С учетом логики полисистемного анализа, роли геоинформатики как «высшей географии», «фундаментальной роли геоинформатики и геоинформационной концепции в организации картографических знаний» [36] оправданно включение компонента «геоинформационное моделирование» в качестве элемента синтеза тезиса «картографическое моделирование» и его антитезиса «картографирование» (рис. 16, *б*). В таком случае картографическое обеспечение – высшая форма обобщения в четырехмерной коммутативной диаграмме («тетраэдр формирования пространства многомерного логического анализа»), которая основана на достижениях других элементов.

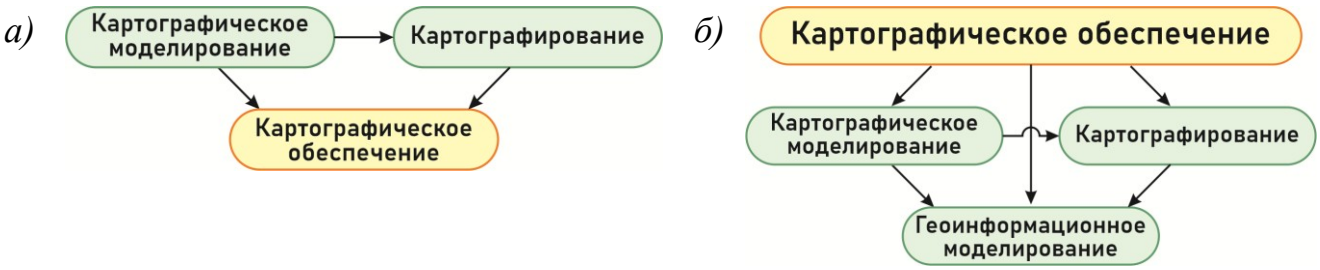


Рисунок 16 – Коммутативные схемы взаимосвязей некоторых процессов картографии: *а)* картографическое обеспечение как синтез; *б)* картографическое обеспечение как высшая форма обобщения

Выводы по второму разделу

Выводы по итогам второго раздела:

1) по результатам библиографического анализа диссертационных исследований впервые установлены основные подходы к взаимодействию картографического и геоинформационного видов обеспечения научно-технической деятельности. Охарактеризован потенциал использования симбиотического подхода, учитывающий взаимовыгодный характер взаимодействия картографического и геоинформационного обеспечения, для систематизации текущего спектра цифровых картографических и геоинформационных продуктов в составе картографического обеспечения. Анализ устойчивости использования термина «картографическое обеспечение» в опубликованных исследованиях показал, что *систематизация состава результатов – необходимое, но не достаточное условие* актуализации методологических принципов картографического обеспечения;

2) по результатам систематизации подходов к пониманию картографического обеспечения и рассмотрения текущей поликонцептуальности картографии предложен *новый методологический принцип системности* КО НТД. Он предполагает рассмотрение картографического обеспечения *как системы*, взаимодействия компонентов которой реализуют *процесс* картографического обеспечения на современном концептуальном и технологическом уровне развития методов создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов на основе пространственных данных. Предложенный методологический принцип является *необходимым и достаточным условием* для формирования теоретико-методологических основ картографического обеспечения в эпоху цифровой и интеллектуальной трансформации общества; делает возможным научно обоснованное создание цифровых картографических и геоинформационных продуктов в составе КО НТД.

3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1 Понятийный аппарат системы картографического обеспечения научно-технической деятельности

Разработка теоретических основ системы КО НТД обусловливает необходимость актуализации понятийного аппарата с учетом ключевых положений нового методологического принципа. При определении понятия «картографическое обеспечение» учитываются действующие нормативные документы [52], а также опыт решения аналогичных вопросов терминологии в смежных областях науки [289].

Получено следующее определение: *КО НТД* – это *системный социально ориентированный процесс* создания и использования цифровых картографических продуктов и геоинформационных моделей пространства и содержания объекта исследования научно-технической деятельности для оптимизации трудозатрат человека по изучению и принятию решений по взаимодействию с ним.

С познавательной точки зрения КО НТД – это *процесс* познания аспектов окружающей действительности, связанных с научно-технической деятельностью, *посредством создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов* для принятия исследовательских и хозяйственно-управленческих решений. С прагматической позиции КО НТД – частнонаучный вид обеспечения, снабжающий сведениями о пространственном и содержательном аспектах объекта исследования в картографической форме; занимает промежуточное положение между НТД и общей теорией картографии (см. рис. 1).

Цель процесса КО НТД – познать все стороны объекта исследования научно-технической деятельности через совокупность цифровых картографических и геоинформационных продуктов и применить полученные знания для выработки и реализации программы рационального взаимодействия с объектом исследования.

Объектом КО НТД в зависимости от целевой сферы научно-технической деятельности выступают геологическое строение Земли (недропользование), геосистемы (природопользование), социальные и экономические (социально-экономические науки), политические процессы (политология) и т. д.

Предметом КО НТД служат *цифровые картографические и геоинформационные продукты*, под которыми понимаются результаты картографического и геоинформационного моделирования аспектов окружающей действительности на основе пространственных данных и иных видов цифровой картографической информации.

Основные задачи КО НТД:

1) теоретико-методологическое и техническое сопровождение принятия исследовательских и хозяйственно-управленческих решений;

2) совершенствование методов создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов для познания аспектов окружающей действительности и рационального взаимодействия с ними в рамках целевой сферы научно-технической деятельности;

3) формирование условий взаимодействия с компонентами системы КО НТД, в том числе выявление потребностей пользователя и разработка решений для их удовлетворения с учетом современных технических средств, психофизиологических процессов (элементы когнитивной картографии), принципов UX/UI-дизайна, подходов, ориентированных на пользователя;

4) совершенствование образовательного процесса по подготовке картографов, просветительская деятельность для отраслевых специалистов, осуществляющих КО НТД.

Последующая конкретизация задач и собственно выполнение картографического обеспечения предполагают всесторонний анализ особенностей и потребностей целевой сферы научно-технической деятельности.

3.2 Концептуализация системы картографического обеспечения научно-технической деятельности

3.2.1 Компоненты системы картографического обеспечения научно-технической деятельности

С позиций нового методологического принципа системности КО НТД предполагается существование сложной системы, компоненты которой влияют на процесс и обусловливают взаимодействие картографического обеспечения с другими видами обеспечения пространственными данными. Основой определения состава компонентов системы служат редкие примеры схем и описаний структур систем обеспечения в области геодезии и картографии (табл. 4).

Таблица 4 – Состав обеспечения в некоторых отечественных публикациях

Вид обеспечения (деятельность)	Состав обеспечения
Геоинформационное (обеспечение территорий)	Операторы, пространственные предметы, геопространственные данные (первичные данные, геоинформационное пространство (геоинформация, модели, результаты анализа, проекты преобразования)); оператор ГИС; потребитель [86]
Геодезическое (обеспечение устойчивого развития территорий)	Цель применения, структура, множество технологических и технических элементов, нормативные документы, технологические и технические связи, множество отношений между частями системы, первичные, вторичные данные, модели, ресурсы, условия проведения работ, информационная ситуация, когнитивный фактор, выходные данные (результат) [171]
Картографическое (поддержка принятия управленческих решений в чрезвычайных ситуациях)	Программное обеспечение ГИС; информационное обеспечение ГИС: государственные топографические карты (планы), каталог географических наименований, карты и атласы, цифровые модели местности, специальные карты, данные ДЗЗ, разветвленная сеть БПД, классификаторы; техническое, нормативно-правовое, организационное обеспечение ГИС (включая кадры) [54]
Картографическое (обеспечение охраны и оптимизации окружающей среды)	Исходная информация, оценка, вариантное моделирование, оптимизация, государственные органы управления [17]
Картографическое (обеспечение планирования развития региональных электрических сетей)	Исходные данные, процессы анализа, обработки и создания данных, промежуточные модели пространственных данных, картографические материалы [82]

Выделены следующие базовые компоненты системы, непосредственно характеризующие и воспроизводящие процесс КО НТД [113]:

– *собственно результат* (*Р*) – совокупность цифровых картографических и геоинформационных продуктов, применяемых для принятия решений в научно-технической деятельности;

– *методы и концепции* (*МК*) – теоретико- и нормативно-методические основы картографии, отраслей науки, смежных с картографией;

– *источники данных (И)* – совокупность источников информации (пространственные данные, картографические, аэрокосмические, текстовые материалы, справочно-статистические сведения и др.), применяемых при постановке задач и их решении;

– *технические средства* (*ТС*) – программное обеспечение обработки, анализа, интерпретации данных, моделирования объектов исследования НТД;

– *кадровый состав* (*КС*) – люди, осуществляющие постановку и решение задач научно-технической деятельности.

Результат. В состав компонента *Р* входит собственно результат – цифровые картографические и геоинформационные продукты (см. подразд. 2.2). Помимо осязаемых конечных продуктов, *Р* включает познавательный результат картографического обеспечения – конкретный вывод, направленный на принятие решений, оптимизацию научно-технической деятельности, необязательно принимающий картографическую форму. Получение такого результата возможно, в том числе с помощью картографического метода исследования как одного из *МК*.

Методы и концепции. Основополагающий компонент системы КО НТД – теоретико-методологические основы картографии и отраслей науки, привлекаемых для достижения целей конкретной сферы научно-технической деятельности.

В общем случае применяются три группы методов:

1) методы картографии;

2) методы отраслей науки, смежных с картографией;

3) методы, относящиеся к иным отраслям, которые изучают содержательный аспект объекта исследования.

На примере картографического обеспечения недропользования *МК* имеет следующий состав. В первую группу входят методы картографии: картографический метод отображения (картографирование), картографический метод исследования, (математико-)картографическое моделирование. В сочетании с концепциями картографии (см. подразд. 2.3.2) состав компонента позволяет расширить содержание и сферу применения картографического обеспечения как процесса познания и преобразования окружающей действительности, коммуникации пользователей с картографическими продуктами с помощью языка карт и т. д.

Вторая группа – геодезические, геоинформационные и аэрокосмические методы (см. рис. 2). Они способствуют разнообразию продуктов, входящих в *Р*, технологий картографирования, симбиотическому взаимодействию видов обеспечения. В частности, геоинформационные методы содействуют реализации цифрового геологического картографирования; аэрокосмические методы расширяют возможности линеаментного анализа для изучения геологического строения, и т. д. В ближайшее время следует ожидать дополнение *МК* методами искусственного интеллекта, поскольку машинное обучение, нейронные сети и другие методы уже активно применяются в картографических практиках.

В третью группу входят геологические, геофизические, геохимические и иные методы, которые формируют ядро геологоразведочного процесса, привлекаются для всестороннего анализа компонентов геологической среды. Указанные методы лежат в основе соответствующих видов картографирования (геологическое, геофизическое, геохимическое и др.), которые определяют специфические черты картографического обеспечения целевой сферы научно-технической деятельности.

Источники. Источники данных влияют на качество и информативность конечного результата картографического обеспечения, эффективность его использования в решении задач, включая собственно подготовку цифровых картографических продуктов, выполнение отдельных этапов научно-технической деятельности без формирования конечных результатов обеспечения, организацию доступа к хранилищам информации и т. д. В настоящее время вопросы традиционного кар-

тографического источниковедения (труды Л. А. Гольденберга, А. В. Постникова, А. М. Берлянта и др.) дополняются концептуальными и техническими проблемами выбора пространственных данных для решения задач на этапах научно-технической деятельности, подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов, организации хранения информации. Компонент *И* позволяет системе КО НТД взаимодействовать с информационным обеспечением, реагировать на появление новых технологических направлений работы с пространственными данными.

Технические средства. Технические средства как основная движущая сила научно-технической деятельности – базовый компонент системы КО НТД, который выступает не столько инструментами и/или программной средой для получения результата, сколько фактором развития обеспечения. Технические средства фактически формируют внешний вид и функциональность результата картографических работ, в качестве которого сегодня выступают цифровые картографические и геоинформационные продукты на основе ГИС- и веб-технологий, технологий дополненной реальности, искусственного интеллекта. Таким образом, системный подход позволяет включить отмеченные продукты в состав КО НТД без необходимости указания класса технических средств в наименовании, тем самым исключая формулировки вида «картографическое обеспечение на основе ГИС-технологий», «веб-картографическое» обеспечение и т. д.

Вместе с тем следует отличать вопросы использования *ТС* от проблем приборостроения и разработки программного обеспечения. Так, разработка геодезических приборов и средств навигации, которые используются при формировании полевых пространственных данных, является частью геодезического приборостроения и находится в компетенции геодезии, хотя оказывает непосредственное влияние на составление топографических карт и других картографических материалов. Вне области картографического обеспечения также лежат разработка архитектуры ГИС и баз данных, систем поддержки принятия решений, технологий обработки и хранения пространственных данных (включая форматы GeoJSON, OGC-сервисы и т. п.), программирование операций веб-сервисов и специфических

приложений, которые относятся к геоинформатике. Однако применение языков программирования для автоматизации картографических работ является формой симбиотического взаимодействия картографического и геоинформационного обеспечения по линии технических средств.

Кадровый состав. *КС* ориентирует КО НТД на общество посредством двух состояний: картографа (специалиста, реализующего процесс и получение результата картографического обеспечения) и отраслевого специалиста (профессионала, принимающего решения с помощью результатов картографического обеспечения). Таким образом, одна из ключевых задач КО НТД – снабдить потребителя инструментами, которые позволят ему познать пространственный и содержательный аспекты объекта исследования целевой сферы научно-технической деятельности и принять решения по рациональному взаимодействию с ним. В том или ином виде *КС* представлен в информационной структуре геоинформационного [86], топографо-геодезического и картографического обеспечения [31; 202; 228]. Персонал также выступает как компонент ГИС при реализации системного подхода к геоинформационному картографированию (наряду с «аппаратным и программным обеспечением, данными, методами») [36].

3.2.2 Концептуальная модель системы картографического обеспечения

Новый понятийный аппарат и состав базовых компонентов позволяет разработать концептуальную модель системы КО НТД (рис. 17) [113]. Согласно модели КО НТД представляет собой совокупность взаимодействий между компонентами системы и субъектами (акторами) процесса – научно-технической деятельностью (*НТД*) и картографическим обеспечением (*КО*). В общем случае процесс начинается с формирования запроса (в том числе опосредованно (рис. 17, позиция *2*) через отраслевого специалиста) в картографо-геодезическую отрасль на выполнение картографического обеспечения (позиция *1*), которое заключается в снабжении инструментами, позволяющими комплексно оценить пространственный аспект объекта исследования научно-технической деятельности в дополнение к специализированным инструментам изучения его содержательной части (см. под-

разд. 2.3.4). Отвечая на запрос, картограф запускает внутренние взаимодействия компонентов *МК*, *И*, *ТС* (позиция *3*) для подготовки результата, вид которого наилучшим образом подходит для решения поставленной задачи, и его передачи для последующего принятия решений (позиция *4*).

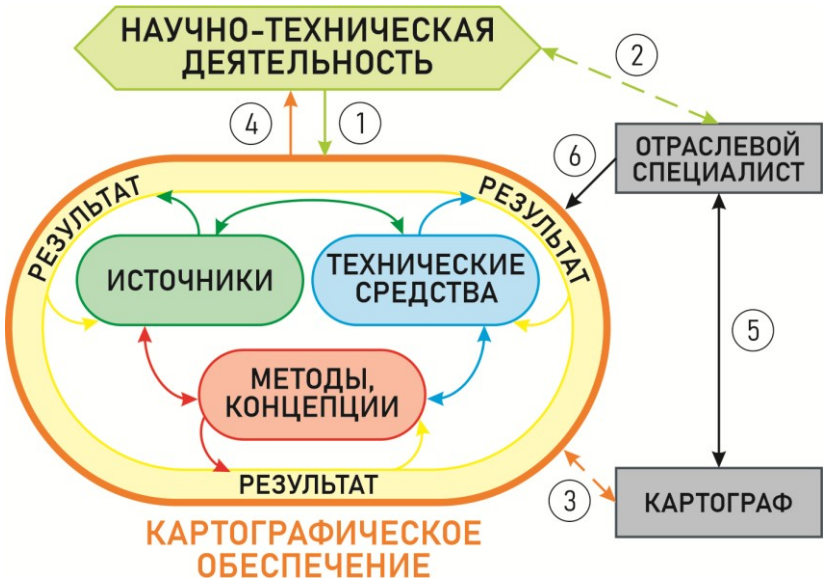


Рисунок 17 – Концептуальная модель системы КО НТД (расшифровка цифр дана в тексте)

Оптимальное функционирование системы КО НТД предполагает участие обоих состояний компонента *КС*. Отождествление компонентов «отраслевой специалист» (*ОС*) и «картограф» (*К*) с субъектами процесса (позиции *2* и *3* соответственно) согласно *форме взаимодействия* (*НТД – ОС*) – (*К – КО*) позволяет учитывать сценарии (табл. 5), при которых происходит непосредственное обращение пользователей к картографу за конечным результатом (позиция *5*) или за подготовкой среды для последующей самостоятельной работы (позиция *6*). В последнем случае результат картографического обеспечения – единое геоинформационное пространство (в виде ГИС-проекта и (или) веб-сервиса) для принятия решений на всех этапах научно-технической деятельности. Модель также учитывает вариант совместной работы картографов и отраслевых специалистов, однако для этого необходимо совмещение функциональных возможностей специализированных программных комплексов и ГИС (например, создание проблемно-ориентированных ГИС).

Таблица 5 – Основные сценарии реализации картографического обеспечения на уровне взаимодействия субъектов процесса и кадрового состава

Сценарий	Описание
(ОС – НТД) – (КО – К)	*Отраслевой специалист* через *НТД* (рис. 17, позиция *2*) формирует запрос в картографо-геодезическую отрасль на *КО* (позиция *1*), которое выполняет *картограф* (позиция *3*). В результате процесс КО НТД осуществляется по официальной траектории через формирование общих требований (в том числе нормативно-правовых документов, государственных программ) к свойствам конечного результата
ОС – (К – КО) – НТД	*Отраслевой специалист* непосредственно обращается к *картографу* за конечным результатом (позиция *5*). Взаимодействие характерно для повседневной работы в субъектах *НТД*, в штатном расписании которых присутствует картограф. В отдельных случаях сценарий тождественен тематическому картографированию
ОС – К – КО – НТД	*Отраслевой специалист* обращается к *картографу* (позиция *5*) за подготовкой среды для самостоятельной работы (позиция *6*). Взаимодействие характерно для повседневной работы субъектов *НТД*, в штатном расписании которых присутствует картограф. Результат – единое геоинформационное пространство, в котором пользователь может самостоятельно получить искомый результат на всех этапах *НТД*
ОС – КО – НТД	*Отраслевой специалист* самостоятельно осуществляет *КО* (позиция *6*). Предполагаются автономная постановка задачи и ее выполнение с помощью картографических материалов и пространственных данных. Взаимодействие характерно для субъектов *НТД*, в штатном расписании которых отсутствует картограф
К – КО – НТД	Превентивное решение задач (*картограф* самостоятельно ставит задачу и ее выполняет (позиция *3*)), которые могут возникнуть со стороны *отраслевого специалиста* и *НТД*. Физическое выражение взаимодействия – векторизация картографических материалов и формирование БПД, которые в перспективе могут быть использованы в рамках *НТД*. Связь с *НТД* неявная
(К – ОС) – КО – НТД	*Картограф* совместно с *отраслевым специалистом* (позиция *5*) осуществляет *КО* (позиции *3* и *6*). Сценарий представляет собой тематическое картографирование, в ходе которого осуществляется подготовка картографических произведений

Указанные в табл. 5 сценарии являются наиболее распространенными, но не единственными, поскольку для реализации обеспечения требуется вовлечение всех компонентов системы и их возможных состояний. В этой связи односоставные сценарии *ОС – КО* и *К – КО* приобретают специфические черты. Так, если в качестве активатора процесса выступает картограф, то целью внутреннего взаимодействия *К – ТС* является использование технических средств для выполнения

картографических работ, при этом *К – Р* есть собственно достижение результата, вид и функции которого зависят от состояний других компонентов. Если активатор процесса – отраслевой специалист, в таких случаях *ОС – ТС* – использование технических средств для моделирования содержательного аспекта объекта исследования, подготовки промежуточных и итоговых результатов, *ОС – Р* – использование картографических продуктов для реализации задач научно-технической деятельности.

Таким образом, концептуальная модель системы КО НТД реализует методологический принцип системности; в основе процесса обеспечения – прямые и обратные взаимодействия двух субъектов и пяти компонентов системы (табл. 6).

Таблица 6 – Характеристика некоторых взаимодействий компонентов системы КО НТД

Взаимодействия	Цель взаимодействия
И – ТС	Поддержка и модификация операций сбора, загрузки, обработки, анализа и интерпретации *И* различных типов и форматов
И – МК	Модернизация теоретико-методологических основ картографии и *НТД* по мере появления новых источников
И – Р	Использование информационных ресурсов для подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов
ТС – МК	Актуализация теоретико-методологических основ *КО* и *НТД* вследствие научно-технического прогресса
ТС – Р	Подготовка *Р*, а также использование *ТС* при работе с результатом *КО*
ТС – И	Систематизация, хранение, распространение, публикация, формирование *И*. Совершенствование форматов хранения данных
МК – И	Совершенствование свойств и методов подготовки *И*
МК – ТС	Развитие функциональных возможностей программного обеспечения на базе текущих теоретико-методологических основ картографии и отраслей науки, связанных с *НТД*
МК – Р	Совершенствование, разработка новых видов результатов *КО* с учетом теоретико-методологических основ картографии и отраслей науки, связанных с *НТД*
Р – И	Валидация *И* для удовлетворения требований к *Р*. Реализация производственных циклов, картографического метода исследования (результаты *КО* становятся источниками информации для новых работ)
Р – ТС	Совершенствование функциональных возможностей программного обеспечения по подготовке и поддержке различных видов результатов *КО*
Р – МК	Совершенствование теоретико-методологических основ картографии и *НТД* в процессе использования результатов *КО*

Отдельно следует отметить специфические связи внутри компонентов:

– *МК – МК* обусловливает становление теоретических концепций через противостояние различных точек зрения на предмет и методы отрасли науки, адаптацию картографии и *НТД* к научно-техническому прогрессу;

– *ТС – ТС* иллюстрирует процессы модернизации функциональных возможностей технических средств (в том числе унификацию, взаимную поддержку специализированных форматов), а также конкуренцию между разработчиками программного обеспечения;

– *Р – Р* характеризует взаимное преобразование результатов картографического обеспечения (например, подготовку электронных карт на основе отсканированных бумажных картографических материалов);

– *И – И* предполагает преобразование видов информации, в том числе конвертацию, интероперабильность данных и т. д.;

– *К – К* и *ОС – ОС* способствуют обмену знаниями и опытом взаимодействия с компонентами системы. Реализацией таких связей служит учебно-просветительская деятельность, в том числе образовательная система [152], конференции, мастер-классы, собрания и т. п.

Взаимодействия компонентов системы КО НТД способствуют:

– формированию свойств итогового результата обеспечения по диалектическому принципу «какое начало, таков и результат» (связи *И – Р*, *ТС – Р*, *МК – Р*);

– совершенствованию других компонентов (связи *И – ТС*, *МК – ТС*, *Р – ТС*, *И – МК*, *ТС – МК*, *Р – МК*);

– появлению новых состояний компонентов (*МК – И*, *ТС – Р*), цикличности производственных процессов (*Р – И*).

Следует отметить, что общее количество вариантов реализации КО НТД многократно возрастет, если учитывать собственные состояния внутри каждого компонента. Например, система функционирует по-разному, если в качестве *ТС* выступают настольные издательские системы и графические редакторы, специализированные программные средства, геоинформационные системы, веб-

технологии и др. Однако описание всех возможных состояний и вариантов взаимодействий носит избыточный характер и требует конкретизации в зависимости от целевой сферы научно-технической деятельности.

3.2.3 Функции системы картографического обеспечения научно-технической деятельности

В соответствии с теорией систем КО НТД должно обладать собственными функциями. В настоящее время при рассмотрении вопросов картографического обеспечения различных сфер недостаточно внимания уделяется выявлению и описанию его функций. Это во многом объясняется устойчивым применением терминов «картографическое обеспечение» и «карта» как синонимов, в связи с чем функции первого приравниваются к функциям второй, что не противоречит действительности и новому методологическому принципу, поскольку карта как результат – одно из состояний компонента *P* системы. Однако если картографическое обеспечение представляет собой системный процесс, то в нем принимают непосредственное участие и другие компоненты. В этой связи новый методологический принцип и концептуальная модель системы КО НТД позволяют выдвинуть следующую гипотезу: *компоненты картографического обеспечения и их взаимодействия формируют систему его функций*.

Для проверки гипотезы выполнен анализ исследований, указывающих функции картографического, геоинформационного и геодезического обеспечения (табл. 7). Выявлено, что в ряде работ функции тождественны задачам [234], но также рассматриваются как элементы, определяющие «требования к картографическому обеспечению» [233].

Составлен актуализированный перечень базовых функций картографического обеспечения (табл. 8), которые могут быть дополнены в зависимости от изменения состояний компонентов системы. В текущем исследовании предполагается, что функции и задачи – разные аспекты теоретико-методологических основ системы КО НТД.

Таблица 7 – Функции разных видов обеспечения научно-технической деятельности в исследовательских работах

Обеспечение, деятельность	Функции
Картографическое, деятельность особо охраняемых природных территорий	Инвентаризационная, мониторинговая, научно-исследовательская, учебно-просветительская, координационная [4]
Геоинформационное, комплекс	Задачи (функции): 1) удовлетворение потребности в специализированных геоданных; 2) снабжение потребителей результатами моделирования и анализа; 3) разработка методологии и технологий исследования комплексного влияния окружающей среды на достижение целей, стоящих перед потребителями; 4) подготовка специалистов; 5) определение потребностей в геоданных, геознаниях и получаемых на их основе прогнозах и их стандартов и т. д. [234]
Геодезическое, устойчивое развития территории	Обслуживающие, измерительно-аналитические функции, ретроспективный анализ, перспективный анализ, оптимизация, информационная функция [171]
Геоинформационное, территории	Изучение пространства, информационное отображение, моделирование пространства, пространственный анализ, подготовка пространственных проектов, обеспечение единого геоинформационного пространства, картографическая визуализация [86]

Таблица 8 – Функции картографического обеспечения и их соответствие компонентам системы

Функции картографического обеспечения	Описание	Влияющие компоненты	Аналоги – функции карты
Познавательная	Формирование информации, системы научных представлений и знаний об аспектах окружающей действительности, изучаемых целевой сферой НТД	*НТД, ОС, К, МК, КО*	Познавательная [204]. Информационно-когнитивная [249]
Модельная	Моделирование содержательного и пространственного аспектов объектов исследований целевой сферы НТД, их техническая реализация	*МК, ТС, НТД, КО, ОС, К*	Аналоги отсутствуют
Коммуникативная	Передача информации, знаний о пространственном и содержательном аспекте объектов исследований целевой сферы НТД через цифровые картографические продукты. Подготовка цифровой картографической среды взаимодействия пользователя с данными, информацией, знаниями, другими субъектами НТД на уровне техники	*К, Р, ОС, ТС*	Коммуникативная [204]. Интерфейс [249]

Функции картографического обеспечения	Описание	Влияющие компоненты	Аналоги – функции карты
Социальная	Реализация *КО* в социально-ориентированной среде. Подготовка специалистов и *КС*, осуществление учебно-просветительских мероприятий, включая проведение конференций, семинаров, занятий	*К, ОС*	Учебно-просветительская [4]. Познавательная [204]. Подготовка специалистов [234]
Пользовательская	Формирование системы требований к результату обеспечения (его составу, назначению и функциональным возможностям), методическим и техническим средствам его подготовки и использования	*ТС, МК, И*	Аналоги отсутствуют
Исполнительская	Формирование, совершенствование теоретико-методологических подходов к выявлению, формулированию, учету потребностей пользователя. Реализация требований к результату обеспечения посредством картографических работ	*К, ТС, Р, МК*	Аналоги отсутствуют
Инвентаризационная	Инвентаризация, систематизация, хранение источников данных	*И, Р*	Инвентаризационная [4]
Управленческая	Мониторинг, координация, контроль и управление реализацией задач целевой сферы НТД посредством картографических продуктов. Поддержка решений с помощью цифровых картографических и геоинформационных продуктов, процессов и операций, которые приводят к пространственным решениям и действиям	*НТД, ОС, КО*	Мониторинговая, координационная [4]. Оперативная, прогностическая [204]. Управленческая [249]
Методическая (организационная)	Организация и регламентирование картографических работ, их адаптация к специфике целевой сферы НТД. Совершенствование технологических решений выполнения задач НТД посредством цифровых картографических и геоинформационных продуктов	*НТД, КО, ОС, К, И, ТС, МК, Р*	Аналоги отсутствуют
Техническая	Совершенствование и реализация технических методов, средств подготовки и собственно цифровых картографических и геоинформационных продуктов для выполнения задач целевой сферы НТД	*ТС, Р, КО, И, МК*	Аналоги отсутствуют

Далее проведен анализ целей всей совокупности взаимодействий компонентов (табл. 6) на предмет их влияния на реализацию функций картографического обеспечения из представленного перечня. Полученная статистика частоты встре-

чаемости компонентов в каждой функции позволила составить серию радарных диаграмм, иллюстрирующих эмпирическую оценку участия компонентов и субъектов процесса в реализации функций обеспечения (рис. 18) и участия функций в реализации компонентов (рис. 19). Площадь фигур на рис. 18 показывает значимость функции, на рис. 19 – значимость компонента обеспечения в реализации его функций.

На рис. 18 видно, что каждая функция имеет высокий уровень реализации среди взаимодействий компонентов системы картографического обеспечения. Методическая (организационная) функция выполняется в абсолютной степени каждым компонентом и субъектом процесса; социальная ориентированность процесса достигается преимущественно компонентами *ОС* и *К*; осуществлению инвентаризационной функции способствуют компоненты *И* и *Р*.

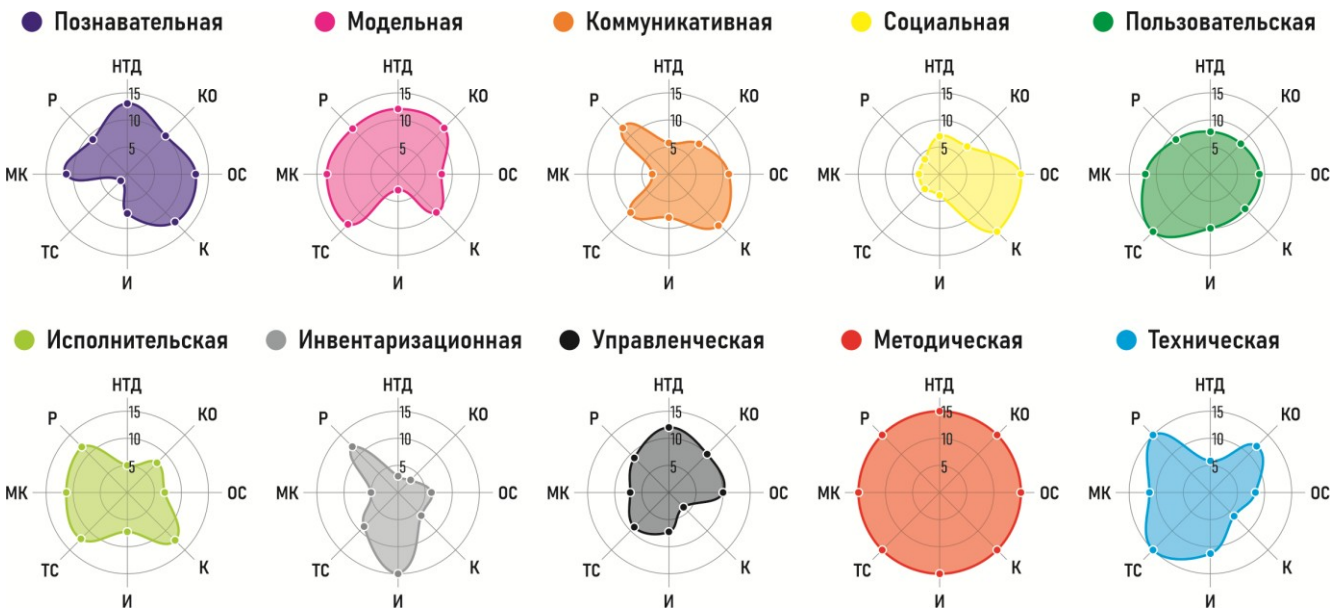
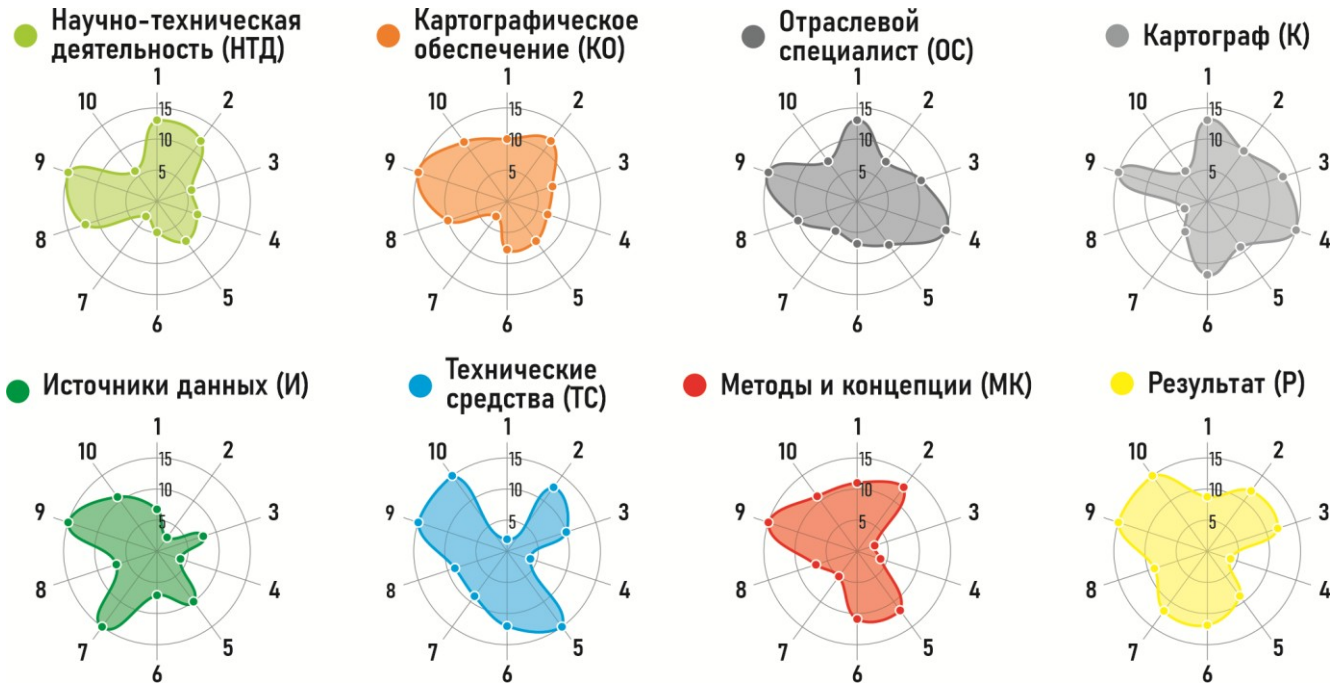


Рисунок 18 – Вклад компонентов системы и субъектов процесса в реализацию функций картографического обеспечения

На рис. 19 полученные фигуры достаточно велики по площадям, что иллюстрирует не только большое влияние каждой функции на реализацию того или иного компонента, но также обоснованность выделения базовых компонентов системы картографического обеспечения. В противном случае небольшой размер площади мог указать на низкую реализацию функций данного вида обеспечения

и, соответственно, на необоснованность выделения компонента. При этом чуть бóльшую площадь имеют фигуры на диаграммах компонентов *Р*, *ТС*, *К* и *ОС*, что подтверждает не только правомерность сохранения традиционного понимания картографического обеспечения, но также необходимость учета его технического, коммуникационного и иных аспектов как социально-ориентированного процесса.

Таким образом, функции КО НТД – результат односложных взаимодействий компонентов системы.



Цифрами обозначены функции КО НТД*: 1* – познавательная; *2* – модельная; *3* – коммуникативная; *4* – социальная; *5* – пользовательская; *6* – исполнительская; *7* – инвентаризационная; *8* – управленческая; *9* – методическая; *10* – техническая

Рисунок 19 – Сопоставление функций картографического обеспечения с частотой появления в односложных взаимодействиях компонентов системы

3.3 Аспекты картографического обеспечения как проявление эмерджентных свойств системы

Системный подход к рассмотрению и описанию процесса КО НТД позволяет отразить многогранность картографического обеспечения, выделить его среди других процессов картографии (подразд. 2.3.4) и охарактеризовать его аспекты

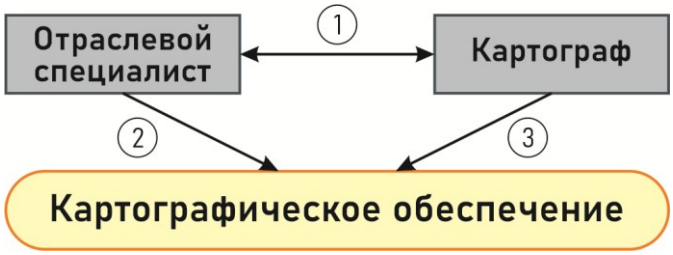
как проявление эмерджентных свойств системы (табл. 9). Далее приведена характеристика аспектов, которые привносятся непосредственно состояниями компонента *КС*, отвечающими за социальную ориентированность обеспечения.

Таблица 9 – Аспекты КО НТД как проявление эмерджентных свойств системы

Аспекты	Суть аспектов	Влияние аспектов
Познавательный (подразд. 2.3.4)	Создание картографических продуктов осуществляется не только для фиксации состояния окружающей действительности в определенный момент, но также для решения прикладных задач по рациональному взаимодействию с пространством и содержательной частью аспектов окружающего мира	Позволяет отличить цели КО от целей картографирования и картографического моделирования
Коммуникационный (подразд. 3.3.1)	Роль цифровых картографических и геоинформационных продуктов состоит в реализации опосредованной коммуникации между *картографом* и *отраслевым специалистом*	Подчеркивает социальную ориентированность КО как условие его выполнения, а также роль результатов обеспечения *Р* в реализации различных видов картографической коммуникации
Пользовательский (подразд. 3.3.2)	Формирование требований к составу, назначению и функциональным возможностям результата обеспечения *Р*	Предусматривает влияние компонента *КС* на вид итогового результата обеспечения в качестве как внутреннего компонента системного процесса КО, так и внешнего фактора его реализации
Исполнительский (подразд. 3.3.2)	Реализация запросов, потребностей через выполнение комплекса картографических работ	Предполагает выполнение картографических работ *картографом* и *отраслевым специалистом*
Образовательный (подразд. 3.3.3)	Учет вопросов подготовки кадров для осуществления КО *картографом* и *отраслевым специалистом*	Способствует совершенствованию образовательной деятельности по подготовке кадров
Технический (подразд. 4.1)	Представление роли *ТС* в реализации итеративных технических процедур: поиска, систематизации, использования, публикации. Рассмотрение не только технической подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов *Р*, но также разработки инструментов, *И* для их создания	Поддерживает техническую реализацию цифровых картографических и геоинформационных продуктов в соответствии с текущим уровнем научно-технического прогресса. Определяет направления интеграции ГИС, специализированных программных комплексов и веб-технологий в реализации технического пространства КО на системной основе

3.3.1 Коммуникационный аспект

В картографическом обеспечении как познавательном процессе особая роль отводится картографической коммуникации. Однако в отличие от трактовок из классических трудов периода расцвета коммуникативной концепции картографии (Колачного А., Ратайского Л., Робинсона А. (в 1972–1973 гг. – президент МКА) и Петченик Б., Борда К., Фрайтага У., Хейка Г., Моррисона Дж. (в 1984–1987 гг. – президент МКА) и др.) [258], коммуникация в процессе картографического обеспечения не ограничивается вопросами взаимодействия человека с картой и передачи информации об аспектах окружающей действительности от картографа к пользователю через их картографические модели. Коммуникация дополняется взаимодействиями картографа и отраслевого специалиста как между собой, так и с системой в целом (рис. 20) – этим обусловлено внешнее расположение указанных компонентов относительно картографического обеспечения в концептуальной модели системы КО НТД (рис. 17).



1 – прямая коммуникация; *2* – опосредованная коммуникация через цифровые картографические продукты; *3* – реализация картографического обеспечения (подготовка цифровых картографических продуктов)

Рисунок 20 – Виды картографической коммуникации

Прямая коммуникация (рис. 20, позиция *1*) реализуется через диалог специалистов, в процессе которого принимаются совместные решения по требуемой информационной емкости, читаемости и наглядности картографического изображения и/или цифрового картографического и геоинформационного продукта. Постоянный диалог с пользователями как основа организации системного процесса картографического обеспечения позволяет оперативно удовлетворять потребности в расширении функциональных возможностей подготавливаемых *Р*. Однако

для поддержания такого диалога картографу необходимы не только квалификация и знания в предметной области целевой сферы научно-технической деятельности, но и соответствующие личностные качества (готовность оказать помощь, поддержку) и учет психофизиологических особенностей восприятия пользователя (эмпатия). А. Колачный отмечал: «Картограф должен не только знать потребности, интересы и задачи пользователей карты, но и ориентироваться в уровне их знаний, способностей и навыков, в методах, которые они используют при работе с картой, а также в условиях окружающей среды, в которой карта будет использоваться» [286].

Опосредованной коммуникации (рис. 20, позиция *2*) в настоящее время способствуют развитие веб-технологий и разработка на их основе геопорталов инфраструктур пространственных данных и веб-картографических продуктов. Таким образом, пользователи получают новую среду взаимодействия с данными в процессе изучения природных и социально-экономических явлений и возможность самостоятельно выполнять картографическое обеспечение в рамках своих задач без участия картографа. Подобная ситуация характерна для современной «демократизации картографических процессов» [306] и описывается концептуальным направлением киберкартографии Фрейзера Тейлора Д. Р. («киберкартографические пользователи становятся разработчиками» [272]). Однако для полноценного применения информации, распространяемой через современные веб-картографические продукты, в том числе при подготовке рабочих областей в виде (веб-)ГИС-проектов, требуются профессиональные навыки в области картографии и геоинформатики и/или сервисные услуги картографа.

Современные попытки возродить интерес к достижениям коммуникативной концепции картографии направлены на «конвергенцию между картографической теорией и практикой» [284], т. е. фактически находятся в предметном поле картографического обеспечения. Однако важно понимать, что модели картографической коммуникации («картограф – конечный пользователь») не тождественны взаимодействию *К – ОС*. Коммуникационные модели предполагают пусть итеративный, но всё же прямой процесс передачи картографической информации, со-

провождающийся созданием и использованием карты. Напротив, при картографическом обеспечении возможна обратная ситуация, когда отраслевой специалист самостоятельно снабжает свои изыскания необходимым картографическим материалом. Подобное стирание границ между производителями и потребителями карт было зафиксировано в термине «неокартография», введенном в 2011–2015 гг. для «описания составителей карт, которые не имеют традиционное картографическое образование и часто используют открытые данные и инструменты картографирования с открытым программным кодом» [260]. Однако такой сценарий способствует снижению качества картографических продуктов, подготавливаемых самостоятельно отраслевыми специалистами и широким кругом пользователей. Исследования по оценке качества геолого-геофизических и «геонаучных» карт [308] и карт в диссертационных работах [262] фиксируют указанные недостатки.

В связи с вышесказанным представляется объективным решением формирование условий, при которых КО НТД осуществляется по принципу «самостоятельное получение информации отраслевым специалистом» (рис. 20, позиция *2*) через цифровые картографические продукты, подготовленные картографом (рис. 20, позиция *3*). В условиях перехода картографического обеспечения в электронную среду решению подлежат вопросы достижения оптимальной коммуникации пользователя с данными через веб-сервисы, геопорталы и другие формы интерактивной картографии. В этой связи в реализацию коммуникационного аспекта КО НТД (рис. 20, позиция *3*) необходимо вовлечение принципов картографического дизайна, ориентированного на пользователя, в том числе UX/UI-дизайна в картографии [316; 317; 325].

Таким образом, оптимальное КО НТД – это процесс взаимодействия *К – ОС*, в ходе которого осуществляются оба вида картографической коммуникации: прямая (рис. 17, позиция *5*) и опосредованная (рис. 17, позиция *6*), через цифровые картографические продукты, подготовленные при реализации обеспечения (рис. 17, позиция *3*). При этом процесс КО НТД находится в плоскости человеческих отношений, направлен на работу с другими компонентами системы и требует соответствующей профессиональной подготовки.

3.3.2 Пользовательский и исполнительский аспекты

Картограф и отраслевой специалист соответственно двум сферам системы «создание – использование карт» привносят два дополнительных аспекта системы КО НТД: пользовательский и исполнительский. В текущем исследовании под *пользовательским аспектом* понимается формирование требований к составу, назначению и функциональным возможностям результата картографического обеспечения; под *исполнительским* – удовлетворение потребностей научно-технической деятельности (реализация запросов пользователя) посредством выполнения комплекса картографических работ.

Пользовательский аспект, в соответствии с моделью картографической коммуникации (рис. 20), предусматривает воздействие *КС* на свойства итогового результата картографического обеспечения как с позиций базового компонента, так и одновременно в качестве внешнего фактора. Эта особенность *КС* наглядно проиллюстрирована в работе Алексеенко Н. А., где показано влияние категории пользователя на «содержание, особенности выполнения, способы визуализации, уровень подачи информации» при картографическом обеспечении деятельности особо охраняемых природных территорий [6].

С точки зрения *исполнительского аспекта КС* выступает в качестве внутренней составляющей картографического обеспечения. Предполагается, что именно картограф реализует процесс на практике (по выражению Берлянта А. М., осуществляет «производственно-техническую систему в картографии» [17]) с помощью остальных компонентов. Однако принцип системности процесса КО НТД также учитывает самостоятельную постановку задачи и реализацию обеспечения отраслевым специалистом (рис. 17, позиция *4*). В этом коренное отличие процесса картографического обеспечения от картографического метода исследования и моделей картографической коммуникации, в которых два субъекта обладают однозначными функциями, за исключением варианта, когда каждый субъект может быть одновременно и исполнителем, и пользователем.

3.3.3 Образовательный аспект

Образовательный аспект КО НТД обусловливает значимость профессиональной подготовки картографа и отраслевого специалиста: каждый должен обладать соответствующей системой профессиональных знаний, позволяющей реализовать те стороны обеспечения, в которых в наибольшей степени проявляется их компетентность. Для *картографа* это знания в области картографии, благодаря которым он может раскрыть пространственный аспект объекта исследования целевой сферы научно-технической деятельности, для *отраслевого специалиста* – знания в области отраслей науки, направленных на изучение содержательного аспекта объекта исследования.

Образовательный аспект со стороны картографа включает вопросы подготовки компетентных специалистов, владеющих методами и техническими средствами для реализации картографического обеспечения. С учетом широкого спектра текущих результатов (см. подразд. 2.2) повышается значимость геоинформационного образования [98; 268], а в условиях постоянного совершенствования *ТС* – самообразования и готовности адаптировать новые технологические решения к производственным процессам.

Несколько иные вопросы образовательный аспект КО НТД привносит в работу отраслевого специалиста. Помимо профессиональной подготовки, ему необходимо владеть как минимум базовыми навыками в области картографии. Требования к потребителю карт, указанные в коммуникационных моделях Колачного А. и Ратайского Л., актуальны по сей день и расширены осведомленностью отраслевых специалистов о функциональных возможностях геоинформационных систем, методах использования карт и других результатов обеспечения в повседневной деятельности. Вопросы переподготовки указаны в государственных программах развития различных отраслей промышленности. Например, в Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 г. [168] в качестве одного из приоритетов указано развитие навыков работы с информационными технологиями для повышения качества кадровой обеспеченности геологи-

ческой отрасли. Только в случае обладания соответствующими компетенциями в составлении и оформлении карт (по утверждению Янкелевич С. С., «профессиональными знаниями тематической картографии» [248]) отраслевой специалист может самостоятельно подготовить качественные картографические продукты, в том числе с помощью специализированных программных комплексов, направленных на моделирование содержательной стороны объекта исследования научно-технической деятельности.

Образовательный аспект способствует аналогичным требованиям к профессиональной подготовке картографов. В зависимости от целевой сферы научно-технической деятельности картограф также должен расширить профессиональные знания в соответствующей предметной области, чтобы разговаривать с пользователем на одном языке. Таким образом, чем лучше оба специалиста владеют специфическими навыками, тем быстрее и качественнее осуществляется картографическое обеспечение.

3.4 Преимущества концептуальной модели системы картографического обеспечения научно-технической деятельности

В соответствии с новым методологическим принципом система КО НТД представляет собой особый класс систем в картографии, способствующий реализации картографического обеспечения на современном концептуальном и технологическом уровне развития методов создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов. Система характеризуется по следующим признакам [39]:

– по происхождению – искусственная (результат моделирования);

– по природе элементов – абстрактная (представление моделей материальной системы взаимоотношений методов картографии и научно-технической деятельности);

– по изменчивости свойств – динамическая (структура модели претерпевает изменения, адаптируется к появлению новых форм реализации ее компонентов по мере научно-технического прогресса);

– по степени сложности и взаимодействия с внешней средой – сложная, открытая (структура системы и содержание ее компонентов подвержены изменениям вследствие постоянного взаимодействия с геоинформационным и другими видами обеспечения пространственными данными и по мере появления новых задач научно-технической деятельности и состояний компонентов);

– по степени организованности – хорошо организованная (взаимодействия компонентов реализуются в соответствии с технологическим процессом картографических работ, обладают потенциалом формализации).

Полученные теоретические результаты позволяют отметить преимущества предложенной модели системы КО НТД, а именно, что она:

1) расширяет теоретические представления о картографическом обеспечении как о системном процессе картографии, способствует созданию условий для его симбиотического взаимодействия с другими видами обеспечения пространственными данными.

Модель систематизирует опыт отечественного и зарубежного картографического обеспечения различных сфер научно-технической деятельности (разд. 1) через описание базовых компонентов системы. Включение компонента *Р* как внешней оболочки системы (того, что видят окружающие) позволяет встроить доминирующий методологический принцип в систему, в которой, помимо *Р*, присутствуют другие компоненты, влияющие на создание и использование современных цифровых картографических и геоинформационных продуктов при решении прикладных задач. Благодаря базовым компонентам и их взаимодействиям картографическое обеспечение находится в постоянном контакте с другими видами обеспечения пространственными данными. Так, через компонент *И* осуществляется взаимодействие картографического и информационного видов обеспечения; компонент *ТС* привносит достижения геоинформационного обеспечения, технологических направлений веб-картографии, искусственного интеллекта. При этом

через компонент *МК* теория картографии дополняется новыми методами создания *Р*: от теории поля в картографии (Червяков В. А.), математико-картографического моделирования (Тикунов В. С.), теории геоизображений (Берлянт А. М.) в XX в. до средств взаимодействия с дополненной реальностью и пр. в XXI в. Таким образом, конкретизируя состав компонентов, модель свидетельствует о том, что картографическое обеспечение – важный индикатор востребованности методов картографии и значимый инструмент принятия исследовательских и хозяйственно-управленческих решений в научно-технической деятельности;

2) позволяет описать взаимодействия компонентов, которые способствуют развитию системы и прогнозированию различных сценариев реализации КО НТД.

Базовые компоненты системы КО НТД находятся в постоянном взаимодействии, их совокупность влияет на состояние и предопределяет основной состав его функций. Последующее уточнение состояний каждого компонента приводит к множеству вариантов реализации картографического обеспечения. Например, если компонент *КС* владеет навыками веб-технологий (*ТС*), то *Р* может быть представлен в виде геосервисов или других геоинформационных продуктов. Для достижения подобного результата требуется комплекс мероприятий по совершенствованию состояний остальных компонентов процесса – *МК* и *И*. Таким образом, модель предполагает нелинейность, а в некоторых аспектах цикличность картографических работ (комплексное взаимодействие: *И – МК – ТС – Р*);

3) описывает КО НТД как сложную, динамичную систему, открытость, устойчивость и масштабируемость которой определяют изменения состава и состояний ее базовых компонентов на разных этапах развития общественных отношений, науки, техники и искусства.

Характер взаимодействий базовых компонентов и субъектов процесса картографического обеспечения показывает, что оно обладает признаками сложной системы [39], состав которой претерпевает эволюционные изменения по мере развития состояний компонентов и появления новых задач научно-технической деятельности. Так, при моделировании структуры системы картографического обеспечения советского периода справедливо выделить отдельный компонент «норма-

тивные документы», который способствовал разработке комплекса документов по вопросам картографического производства – от создания условных обозначений всего ряда топографических карт до написания руководств по составлению и оформлению карт. В настоящее время указанный компонент, иллюстрирующий нормативно-правовые условия реализации взаимосвязи *НТД – КО*, относится к *МК*. Тем не менее нормативные документы предстают частью информационного и картографического обеспечения (табл. 4), хотя применительно к геодезическому обеспечению Побединский Г. Г. [184] отмечает, что компонент «нормативные документы», пусть и изменяется со временем, однако не оказывает на его состояние как системы какого-либо положительного воздействия.

Таким образом, системный процесс КО НТД функционирует во временно́м измерении, что предполагает анализ и оценку его реализации с учетом принципа историзма. Универсальность разработанной модели системы КО НТД не исключает ее последующего масштабирования по мере появления новых задач научно-технической деятельности и состояний компонентов системы. Например, в нее может быть включен компонент «цель, задача», который присутствует в описании сложной системы геодезического обеспечения («цель применения») [171]. Однако относительно предложенной модели его включение представляется избыточным, поскольку постановку задачи осуществляют *НТД* и *ОС*, а само обеспечение в широком смысле выступает средством ее решения;

4) фиксирует присутствие процесса КО НТД в составе основных теоретических концепций картографии через ряд взаимодействий базовых компонентов системы.

Анализ целей выделенных взаимодействий компонентов (табл. 6) показывает, что ряд взаимодействий соотносится с некоторыми следствиями современных теоретических концепций картографии (см. подразд. 2.3.2). Так, взаимодействие *МК – ТС* подчеркивает фундаментальное значение подготовки единой среды картографической коммуникации компонентов *К* и *ОС* с пространственными данными и формируемыми на их основе картографическими продуктами. Некоторые взаимодействия (например, *И – ТС*, *ТС – Р*) отвечают за трансформацию цифро-

вых картографических продуктов, т. е. могут рассматриваться как современная интерпретация концепции «реальные и виртуальные карты» Моеллеринга Г. (см. подразд. 4.2.1). При этом взаимодействие *ОС – К* опирается на коммуникационные модели картографии [258]; является частью оси «пользователи карты» модели «картографический куб использования карт» МакЭхрена А. и Краака М.-Я. [301], где ось «интерактивность карты» также регулирует состояния компонента *Р* – от статичной электронной карты до интерактивных картографических продуктов. Таким образом, текущая поликонцептуальность картографии позволяет выделить систему КО НТД и ее компоненты (табл. 10).

Таблица 10 – Интерпретация роли картографического обеспечения с позиций современных концепций картографии

Концепция (парадигма)	Описание
Модельно-познавательная	Картографическое обеспечение представляет собой инструмент реализации системы «создание – использование карт» в виде картографических произведений, их использования в прикладных целях с помощью основных приемов анализа карт; результат картографического метода исследования
Коммуникативная	Картографическое обеспечение – процесс передачи информации об аспектах окружающей действительности от составителя к пользователю с учетом восприятия и когнитивных особенностей пользователя, принципов картографического дизайна и чтения карт
Языковая (картосемиотическая)	Картографическое обеспечение направлено на разработку системы условных обозначений и средств картографической визуализации для передачи пространственной информации об аспектах окружающей действительности (картографическая прагматика)
Геоинформационная	Картографическое обеспечение представляет собой использование геоинформационных систем как основного инструмента геоинформационного картографирования пространства и содержания объекта исследования научно-технической деятельности
Аналитическая картография	Картографическое обеспечение направлено на моделирование аспектов окружающей действительности посредством подготовки комплекса цифровых картографических и геоинформационных продуктов и их взаимного преобразования в процессе принятия прикладных решений
Геовизуализация	Картографическое обеспечение реализует интерактивную визуализацию географической информации при визуальном мышлении и коммуникации различных категорий пользователей на разных этапах исследований, в том числе на этапе представления конечных результатов анализа
Критическая картография	Картографическое обеспечение зависит от требований и привычек пользователя, его роли и социально-политического статуса, контекста обращения к картографическим материалам, но также от уровня подготовки субъекта, реализующего обеспечение, его воззрений в вопросах картографического дизайна, приемов картографической визуализации
Постпрезентационная картография	Картографическое обеспечение представляет собой процесс, одну из «картографических практик», результатом которой являются картографические продукты, «существующие только на практике» [315]

Выводы по третьему разделу

По итогам третьего раздела получены следующие основные выводы:

1) новый методологический принцип системности КО НТД позволяет разработать основные положения картографического обеспечения как системного социально ориентированного *процесса* познания аспектов окружающей действительности, связанных с научно-технической деятельностью, *посредством создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов* для принятия исследовательских и хозяйственно-управленческих решений. Охарактеризованы цель, основные задачи, объект и предмет картографического обеспечения, что способствует концептуализации структуры его системы;

2) разработанная концептуальная модель системы КО НТД впервые описывает состав базовых компонентов системы и субъектов (акторов) процесса, их взаимодействия при реализации текущих и прогнозировании новых сценариев. В соответствии с принципом системности установлено влияние компонентов и их взаимодействий на состав основных функций картографического обеспечения и приобретение системой новых эмерджентных свойств в виде познавательного, коммуникационного, пользовательского, исполнительского и технического аспектов процесса;

3) основные положения нового методологического принципа системности и концептуальной модели системы расширяют теоретические представления о картографическом обеспечении, способствуют созданию условий для его симбиотического взаимодействия с другими видами обеспечения пространственными данными. Свойства системы определяют изменения состава и состояний ее базовых компонентов в разные периоды развития общественных отношений, науки, техники и искусства, фиксируют присутствие картографического обеспечения среди основных теоретических концепций картографии.

4 МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Научно-методические основы формализации технического аспекта картографического обеспечения научно-технической деятельности

4.1.1 О технических процедурах картографического обеспечения

Вопросы создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов предполагают подробное рассмотрение технического аспекта КО НТД. Поскольку основным источником информации для современного картографического обеспечения служат пространственные данные, состав технических процедур получения *Р* во многом тождествен основным операциям геоинформационных систем. Так, Рамирез Р. (2004) выделил три операции: привлечение, обработку и визуализацию пространственных данных, – как компоненты картографии, которые «напрямую совместимы с четырьмя процессами сбора, манипулирования, визуализации данных и (подготовки. – *Д. Л.*) картографических продуктов», описанными Моррисоном Дж. еще в 1986 г. [255].

С учетом влияния ГИС на подготовку современных результатов КО НТД выделен следующий состав технических процедур:

1) поиск – нахождение, анализ, оценка, выбор источников информации, в том числе пространственных данных и картографических материалов;

2) систематизация – обработка, преобразование, централизованное хранение привлекаемых данных;

3) использование – анализ, изменение данных, их обмен для выявления содержательного и пространственного аспектов объекта исследования;

4) публикация – создание цифровых картографических и геоинформационных продуктов по результатам предшествующих стадий.

Специфика выделенных технических процедур КО НТД заключается в итеративности, которая достигается включением в цепь линейных процессов собст-

венно источников данных и БПД, позволяющих организовать единое геоинформационное пространство для подготовки результатов и взаимодействия с данными. Особую роль также играют свойства *P*, который при наличии процедуры хранения может быть использован повторно при принятии решений в научно-технической деятельности (рис. 21).



Рисунок 21 – Стадийность технических процедур картографического обеспечения

Таким образом, реализация стадийных технических процедур КО НТД – основной критерий для выбора *ТС*. Бóльшая часть процедур может быть выполнена с помощью полнофункциональных ГИС, в связи с чем картографическое обеспечение приобретает элементы геоинформационного и информационно-аналитического. Однако в зависимости от области научно-технической деятельности требуется привлечение иных программных средств, в том числе специализированных программных комплексов, которые реализуют комплексную обработку данных и иные тематические задачи.

4.1.2 Сценарии взаимодействия геоинформационных систем и специализированных программных комплексов

Тенденция повышения доступности ГИС для неподготовленных пользователей и расширения функциональных возможностей программных средств, изначально не направленных на выполнение геоинформационного и картографического моделирования, влечет за собой наращивание технического арсенала и возможностей отраслевых специалистов. Однако последствия такой диверсификации компонента *ТС* ранее были сформулированы Берлянтом А. М. в виде следующего парадокса: «чем совершеннее программное обеспечение и доступнее для широкого круга пользователей, тем труднее поддерживать их общую картографическую культуру» [19]. В этой связи подготовка текущего многообразия видов результа-

тов картографического обеспечения (см. подразд. 2.2) для принятия решений в различных сферах научно-технической деятельности – нетривиальная задача, связанная с поиском оптимального сочетания функциональных возможностей ГИС, специализированных программных комплексов (далее – СПК) и других *ТС*. Ее решение должно удовлетворять требованиям пользователя к конечному результату обеспечения, учитывать техническую компетентность пользователя и субъекта, выполняющего КО НТД.

Одним из основных критериев выбора *ТС* являются *требования, предъявляемые к инструментам обработки данных*. В случае геоинформационной обработки данных (геопривязка, векторизация, редактирование и т. д.) достаточно стандартных инструментов ГИС, однако при необходимости комплексной обработки данных нужны средства СПК.

Другим критерием являются *требования, предъявляемые к оформлению итоговых результатов обеспечения*, поскольку *Р* зависит от реализации процедуры публикации. Так, функциональные возможности ГИС и некоторых СПК позволяют получить качественные картографические произведения, однако в случае повышенных требований к художественному оформлению и допечатной подготовке предпочтение отдается графическим редакторам.

В настоящее время в производственной практике картографического обеспечения применяются следующие сочетания программных продуктов в зависимости от степени сложности необходимой обработки данных и требований, предъявляемых к оформлению итоговых карт [126]:

– *ГИС – ГИС* – обработка данных, их визуализация и публикация в виде цифровых картографических и геоинформационных продуктов выполняются картографом средствами ГИС;

– *СПК – СПК* – обработка данных, их визуализация и публикация в виде цифровых картографических и геоинформационных продуктов реализуются отраслевым специалистом средствами СПК;

– *СПК – ГИС* – обработка данных, создание источников для цифровых картографических и геоинформационных продуктов осуществляются отраслевым

специалистом в СПК, а визуализация данных и публикация цифровых картографических и геоинформационных продуктов выполняются картографом средствами ГИС;

– *ГИС – СПК* – визуализация обработанных данных и их публикации в виде цифровых картографических продуктов производятся в графических редакторах.

В соответствии с указанными сочетаниями на концептуальном уровне выделены четыре основных направления использования *ТС* при реализации картографического обеспечения (рис. 22, *а*).

I. Экспресс-анализ и обработка ограниченного количества данных, визуализация промежуточных результатов тематических исследований. В зависимости от специализации исполнителя применяются сочетания: I.1) *ГИС – ГИС* с участием картографа (*К*); I.2) *СПК – СПК* с участием отраслевого специалиста (*ОС*). Комбинирование технических средств не представляется необходимым.

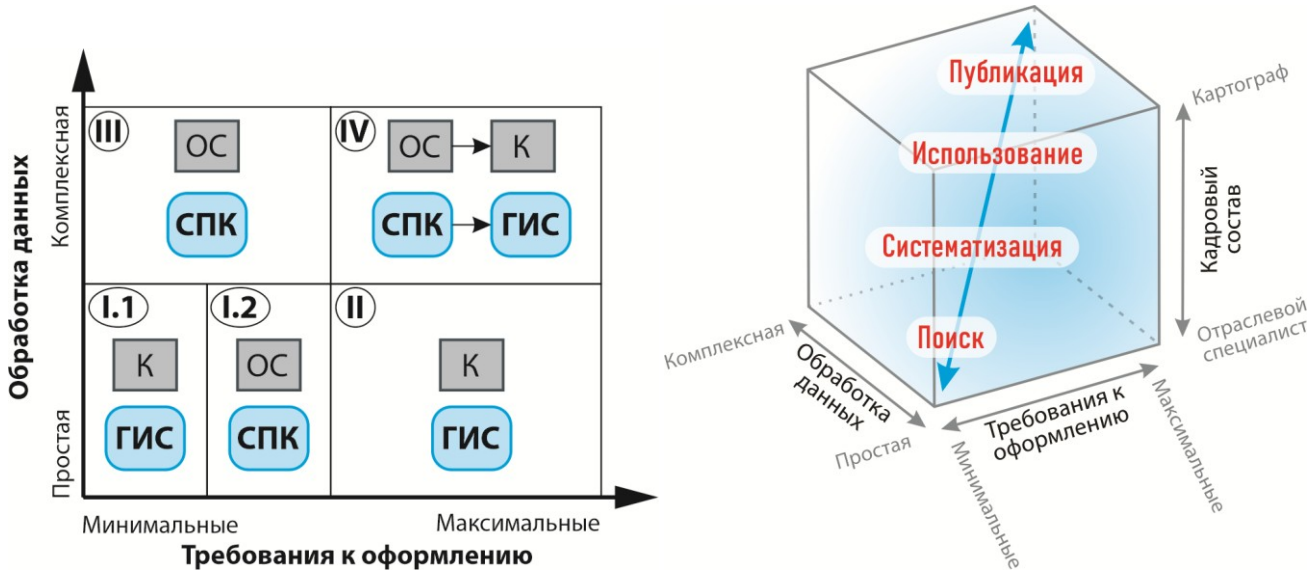
II. Оперативное картографическое обеспечение на основе ограниченного количества исходных данных с визуализацией результатов согласно требованиям нормативно-технической документации в области картографии. Итоговый результат – полноценный картографический продукт, для создания которого наиболее применимы средства ГИС. Оптимальное сочетание используемых программных продуктов: *ГИС – ГИС*.

III. Экспресс-визуализация данных, требующих специализированной обработки, в процессе моделирования с контролем параметров. Оптимальный сценарий взаимодействия (*СПК – СПК*) предполагает участие отраслевого специалиста.

IV. Подготовка отчетных материалов по данным комплексного моделирования согласно требованиям к оформлению. Производственный процесс предусматривает комплексную обработку данных и подготовку цифровых моделей средствами СПК (*ОС*) для последующей итоговой подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов (в том числе отчетного характера) средствами ГИС (*К*), при необходимости – с последующей конвертацией в форматы графических редакторов (*ГИС – СПК*).

Направление IV – перспективный и одновременно наиболее сложный с технологической точки зрения сценарий совместного использования обоих классов программного обеспечения при создании и использовании цифровых картографических и геоинформационных продуктов. Главное преимущество – продление жизненного цикла результатов картографического обеспечения посредством сохранения данных в едином геоинформационном пространстве (процедура «хранение») и координация совместной работы *К* и *ОС*. Однако при реализации сценария требуется решение методологических и технических вопросов интеграции СПК и ГИС. В частности, известны варианты объединения полнофункциональных и горно-геологических ГИС [38].

Таким образом, выбор *ТС* для КО НТД на концептуальном уровне осуществляется в рамках модели «Техническое пространство картографического обеспечения» (рис. 22, *б*). Осями куба выступают критерии матрицы сценариев использования технических средств (рис. 22, *а*) и состояния компонента *КС*. Весь куб символизирует единое геоинформационное пространство, в котором реализуются технические процедуры КО НТД (диагональ куба).



а) *б)*

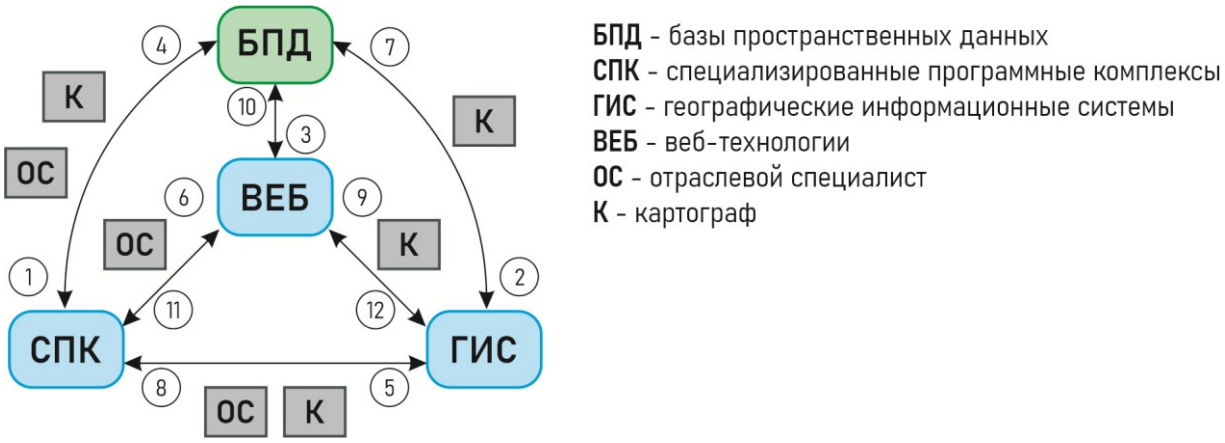
Рисунок 22 – Концептуальные модели технического аспекта картографического обеспечения: а*)* матрица сценариев использования технических средств; *б)* техническое пространство картографического обеспечения

4.1.3 Веб-технологии как элемент цифрового картографического производства

В настоящее время функциональные возможности ГИС и СПК по реализации единого геоинформационного пространства дополняются различными *ТС*, среди которых технологии веб-картографирования. Петерсон М. отмечает влияние Интернета как технологического средства распространения карт, способного привести к парадигмальным изменениям в картографии [310]. Веб-картография как новый метод создания карт, их распространения и использования в сети Интернет [327] уже привела к усилению подходов к проектированию, ориентированному на пользователя (user-centered design) [316; 317; 325], и изменению вектора взаимоотношений внутри компонента *КС*. Веб-среда позволяет любому пользователю получить, проанализировать и опубликовать информацию в ходе выполнения прикладных задач научно-технической деятельности [59; 276]. В результате ранее не применимый метод (*МК*) позволяет создавать новые виды цифровых картографических и геоинформационных продуктов (*Р*) на основе новых форматов исходных данных (*И*).

Благодаря единой основе в виде БПД веб-технологии интегрируются в состав классов программного обеспечения, используемых для реализации технического пространства КО НТД компонентами *ОС* и *К*, способствуют объединению отдельных процессов картографического обеспечения. Например, создание картографических веб-сервисов со стороны *К* осуществляется на этапе публикации, а анализ данных через геопорталы и картографические веб-сервисы со стороны *ОС* – на стадиях поиска и использования. Применение веб-технологий благоприятствует решению проблемы технической оснащенности компонента *ОС*, которая заключается в ограниченности применения ГИС-проектов на этапе использования. Это связано с тем, что *ОС* зачастую не обладают достаточными навыками для работы в ГИС-среде, и требуется «специальная подготовка, чтобы воспользоваться электронными картами тематического содержания, полученными в результате решения разнообразных задач с использованием ГИС-технологий и содержащихся непосредственно в геоинформационной системе» [36].

Исходя из вышесказанного, необходимо включение в единый цикл цифрового картографического производства вопросов подготовки ГИС-проектов и картографических веб-сервисов. Научно-методической основой служит концептуальная модель взаимодействия технических средств КО НТД (рис. 23). Каждое взаимодействие способствует выполнению технических процедур картографического обеспечения, информационной основой которых служат БПД. В частности поиск и использование могут быть реализованы через прямые взаимодействия *ГИС – БПД* (рис. 23, позиция *7*) и *ВЕБ – БПД* (позиция *10*), а также через комплексное взаимодействие *СПК – ГИС – БПД*. При этом рассмотренные ранее сценарии *СПК – ГИС* (позиция *5*) дополняются взаимодействиями *СПК – ВЕБ* и *ГИС – ВЕБ* (позиции *6* и *9*), которые ассоциируются с *ОС* и *К* соответственно. В этих случаях *СПК – ВЕБ* способствует реализации процедур поиска, использования со стороны *ОС*, а *ГИС – ВЕБ* – публикации и частично систематизации со стороны *К*.



1 – взаимодействие «БПД – СПК»; *2* – «БПД – ГИС»; *3* – «БПД – ВЕБ»; *4* – «СПК – БПД»; *5* – «СПК – ГИС»; *6* – «СПК – ВЕБ»; *7* – «ГИС – БПД»; *8* – «ГИС – СПК»; *9* – «ГИС – ВЕБ»; *10* – «ВЕБ – БПД»; *11* – «ВЕБ – СПК»; *12* – «ВЕБ – ГИС»

Рисунок 23 – Концептуальная модель взаимодействий технических средств картографического обеспечения

Модель позволяет разработать технологическую схему подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов в составе КО НТД (рис. 24). Согласно схеме в КО НТД включены стандартные сценарии работы в ГИС при поиске и систематизации совокупности данных, полученных в результа-

те тематического и картографического моделирования, а также через удаленные базы данных по протоколам Open Geospatial Consortium (OGC) (рис. 24, позиции *1–4*). Схема показывает необходимость в системных решениях по выбору данных для публикации в ГИС-проекте и картографическом веб-сервисе (позиции *5*, *8*), методов их визуализации (позиция *6*) и других операций в зависимости от целевой сферы и ассоциированных с ней видов тематического картографирования. Схема также обозначает потребность в технологических решениях, позволяющих в едином цикле цифрового картографического производства создавать геоинформационные и веб-картографические продукты (позиция *7*), в том числе для последующего хранения данных и их применения в качестве *И* (позиция *9*) при решении прикладных задач научно-технической деятельности.

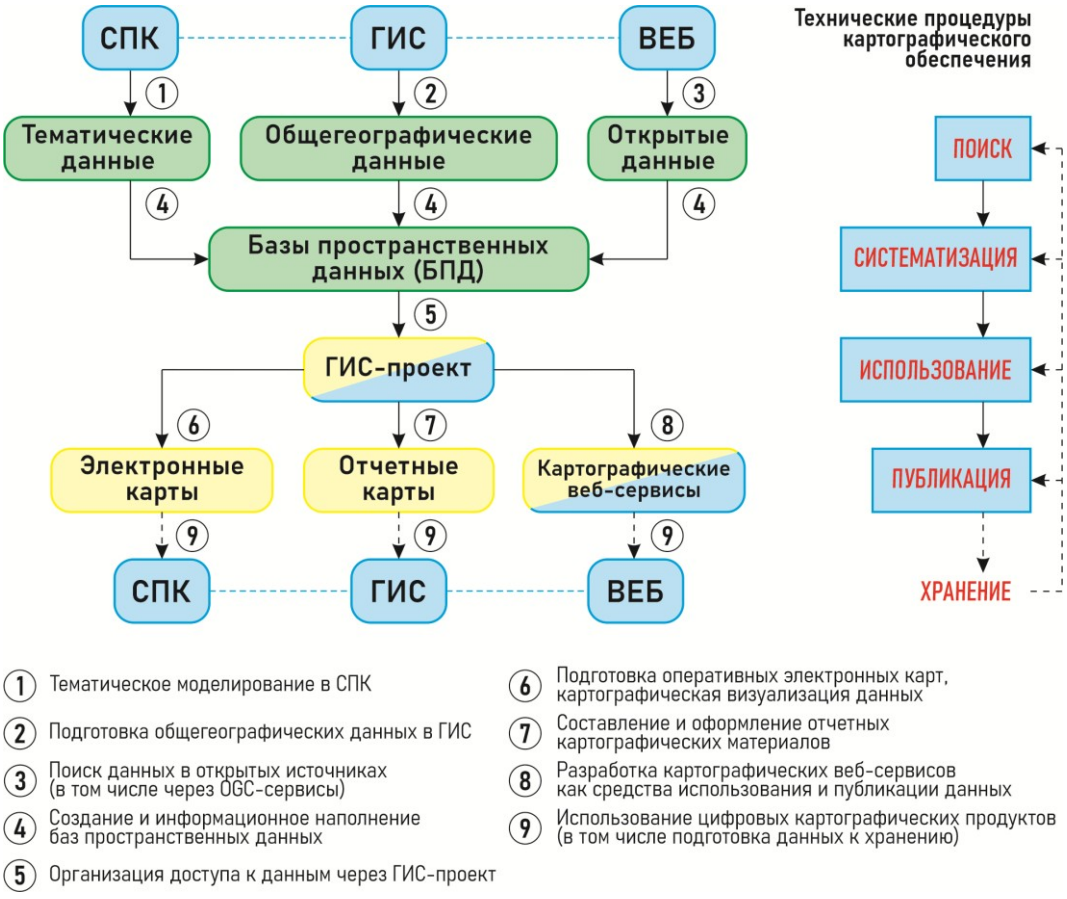


Рисунок 24 – Технологическая схема единой подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов

Таким образом, технологическая схема способствует научному обоснованию системного использования программных средств для реализации КО НТД и

включению в состав обеспечения вопросов подготовки ГИС-проектов, картографических веб-сервисов и других цифровых картографических и геоинформационных продуктов. Схема подчеркивает использование технологий веб-картографии как одного из направлений совершенствования картографических работ в ходе КО НТД.

4.1.4 Методико-алгоритмический аппарат выбора технических средств картографического обеспечения

Совокупность концептуальных моделей технического аспекта КО НТД позволяет разработать методико-алгоритмический аппарат формализации выбора технических средств (рис. 25). Схема процесса предполагает последовательные ответы на вопросы о выполнении задач в рамках технических процедур картографического обеспечения и получение результата в виде перечня *ТС*, которые необходимы для выполнения отдельных процедур и/или процесса в целом.

В отличие от традиционных блок-схем, создаваемых для формализации выбора тех или иных компонентов и получения однозначного решения [262], в данном случае результат достигается после прохождения всех вопросов схемы, т. е. учитывается полный цикл технических процедур обеспечения. Такое решение обусловлено тем, что часть процедур может носить промежуточный характер, например, результаты пространственного анализа в ГИС могут быть востребованы для последующей комплексной обработки, для чего требуется их загрузка в СПК и возобновление алгоритма. Кроме того, схема учитывает текущую практику использования настольных издательских систем и графических редакторов (НИС) для оформления преимущественно отчетных карт и конечных цифровых картографических продуктов. Такие сценарии предпочтительны только в случае отсутствия необходимости сохранения данных в едином геоинформационном пространстве. Тем не менее системное совершенствование программных модулей расширения работы графических редакторов с пространственными данными (например, ArcGIS Maps for Adobe Creative Cloud) в дальнейшем позволит включить этот вид *ТС* в техническое пространство КО НТД на постоянной основе.

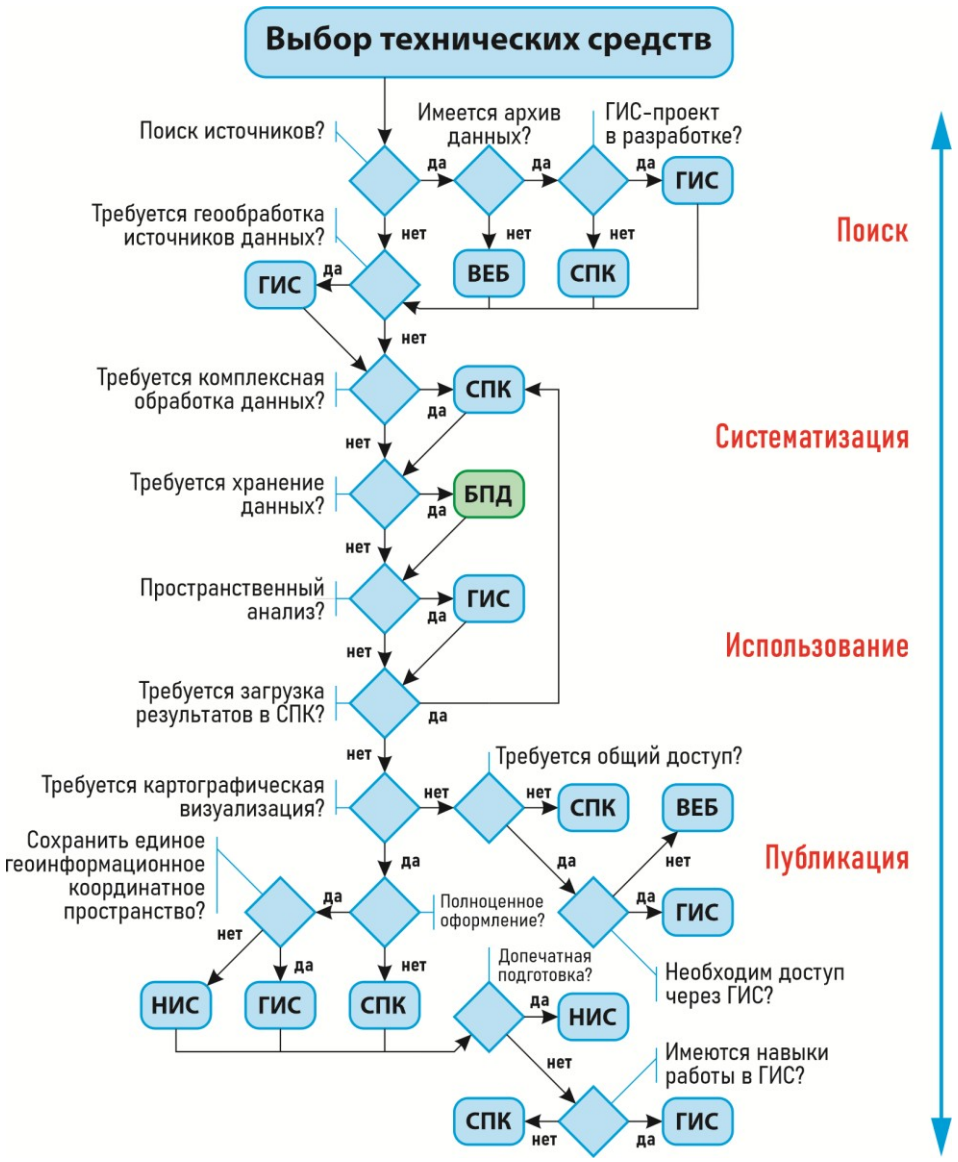


Рисунок 25 – Схема выбора технических средств картографического обеспечения

4.2 Научно-методические основы формализации выбора результатов и системного процесса картографического обеспечения

4.2.1 О преобразованиях цифровых картографических и геоинформационных продуктов

Отмеченные ранее технический и пользовательский аспекты КО НТД напрямую влияют на свойства итогового результата *P*. Однако выбор *P* осложняется вследствие взаимных преобразований цифровых картографических и геоинформационных продуктов.

Первые исследования преобразований результатов картографических работ восходят к 1960-м гг. – времени массового появления новых пространственных моделей, которые в полной мере не соответствовали традиционному определению понятия «карта». Резкий переход к новым технологиям создания карт, а также появление электронных технологических устройств (графических дисплеев, систем оцифровки, плоттеров) требовали нового терминологического аппарата для обозначения карт, которые выводились на экран дисплея, и пространственных баз данных, в которых хранились «некарты». Одним из решений стала концепция «реальные и виртуальные карты», сформулированная Моеллерингом Г. в рамках теоретического направления аналитической картографии. В основе концепции два дихотомических вопроса: «продукт прямо виден как пространственное изображение?» и «продукт представляет собой твердую копию?» [303], ответы на которые позволяют описать класс реальных карт (R), три класса виртуальных карт (V_1, V_2, V_3) и 16 R/V-преобразований. Классификация представлялась исчерпывающей («все географические, пространственные и картографические продукты могут быть включены в эту классификацию») и способной к масштабированию («в нее могут попасть вновь появляющиеся формы продуктов пространственной информации») [19]. Однако состав карт R и V оставался предметом споров, поскольку они включали не только собственно результаты картографических работ (реальные графические и электронные изображения), но также технические средства визуализации (мониторы) и явно не относящиеся к картографическим моделям продукты (цифровые записи на различных носителях, справочники и записи полевых съемочных наблюдений). В поздних работах исследователя были уточнены состав карт и формулировки вопросов («можно ли непосредственно просматривать карту как картографическое изображение?» и «есть ли у нее постоянная осязаемая реальность?») [304].

Несмотря на противоречия, концепция наглядно иллюстрирует, что традиционная карта (R) есть результат преобразований целого ряда иных продуктов (V_1, V_2, V_3), не всегда изначально представленных в картографической форме, но обладающих такой возможностью при определенных преобразованиях. Концеп-

ция выступает доказательством состоятельности нового методологического принципа системности КО НТД, поскольку описывает его как естественный процесс изменений формы представления картографической информации. Совокупность таких форм образует единую систему состояний компонента *P* и не ограничивает его традиционными картами. В числе картографических продуктов картографические базы данных, которые в работах Моеллеринга Г. присутствуют в составе интерактивной картографической системы мониторинга – фактического прототипа современных ГИС.

В соответствии с методологическим принципом системности КО НТД актуализирован состав компонентов концепции «реальные и виртуальные карты» с позиций подготовки картографических веб-сервисов [294], расширяющих коммуникационные возможности цифровых картографических и геоинформационных продуктов. Предложено понимать R как собственно карту и другие традиционные картографические произведения, V_1 – как картографические веб-сервисы, V_2 – как исходные (не обработанные) данные в специализированных форматах, V_3 – как обработанные данные в виде цифровых моделей, локальных и удаленных серверных картографических баз данных. Актуализированное понимание состава R и V способствует устранению несистемного использования исходных классификаций картографических произведений и совмещению цифровых моделей местности с техническими устройствами хранения и визуализации информации [133]. Опираясь на пространственные данные как основу современных результатов картографического обеспечения, обновленный состав компонентов концепции позволяет формализовать текущую практику подготовки картографических веб-сервисов и интерактивных карт V_1 как основных каналов передачи и визуализации пространственных данных, хранящихся в файлах специальных форматов V_2 и/или накопленных в базах пространственных данных V_3.

Следствием предложенных изменений является матрица R/V-преобразований (табл. 11). Каждое R/V-преобразование фактически характеризует проблемы веб-картографии вне зависимости от конечной темы и целевой сферы научно-технической деятельности, включая подготовку базовых слоев, выбор

оптимальных масштабных уровней при подготовке тайловых представлений растровых изображений, улучшение качества тематических карт и визуализации публикуемых пространственных данных и т. д. Примеры каждого преобразования подробно рассмотрены применительно к подготовке картографических веб-сервисов для обеспечения геологоразведочных работ в исследовании автора [294].

Таблица 11 – Матрица R/V-преобразований актуализированных положений концепции «реальные и виртуальные карты»

Компоненты	Компоненты концепции «реальные и виртуальные карты»			
	R	V_1	V_2	V_3
R	Традиционная картография и использование карт	Выбор источника для слоев веб-карты после ознакомления с бумажными картами и документами, содержащими карты	Сканирование карт на бумажных носителях. Геопривязка отсканированных карт	Векторизация
V_1	Печать снимка экрана	Интерактивное чтение (визуальный анализ слоев) веб-карты. Интерактивное взаимодействие со слоями веб-карты (навигация, масштабирование, наложение и т. д.)	Доступ к хранилищу исходных данных через нажатие на пространственные объекты (геообразы) на веб-карте	Запрос клиента к локальной и удаленной базам данных сервера через слои веб-карты. Получение значений цифровой модели с веб-карты. Картографическая визуализация данных из баз данных. Ввод/изменение слоев данных в базе данных с помощью интерактивных плагинов для веб-карт
V_2	Создание карт изученности (карт охвата исследованиями). Создание каталога данных с географической привязкой	Создание геообразов (пространственных объектов, связанных с данными). Подключение ссылок на файлы в специализированных форматах	Преобразование данных в другие специализированные форматы	Геокодирование. Создание цифровых моделей с использованием данных из специализированных форматов. Дополнение баз данных специализированной информацией
V_3	Цифровое создание печатной карты на основе цифровой картографической базы данных	Ответ базы данных на запрос клиента	Экспорт данных из базы данных в файлы специализированных форматов. Изменение специализированных данных через базу данных	Загрузка/выгрузка данных /цифровых моделей в/из локальной/удаленной базы данных

4.2.2 Методико-алгоритмический аппарат выбора результата картографического обеспечения

Учет актуализированных положений аналитической картографии позволяет сформировать методико-алгоритмический аппарат для формализации выбора результата КО НТД. Цель формализации – предоставить возможность пользователю на этапе обращения к картографическому обеспечению определить в автоматическом режиме совокупность цифровых картографических и геоинформационных продуктов, которые могут стать ответом на его потребности.

На выбор результата основное влияние оказывают традиционные факторы проектирования карт: назначение, характер использования, требования к точности и т. д. Эти факторы картографирования (как части процесса картографического обеспечения) предлагается учитывать исходя из основных принципов концепции геовизуализации, согласно которой роль карт меняется в зависимости от задачи, частоты взаимодействия и типа пользователей [301]. В итоге один из подходов к формализации может быть представлен в виде ответов на последовательные вопросы, сформулированные в соответствии с осями картографического куба использования карт:

– требуется анализ или публикация (ось «задачи использования карт»);

– предполагается личное или общее использование? (ось «пользователи карты»);

– необходима интерактивность или статичность продукта? (ось «интерактивность карты»)?

Помимо указанных вопросов требуется учесть содержательную часть процесса картографического обеспечения, а именно состав компонентов системы, который напрямую зависит от осведомленности пользователя о наличии *ТС*, *И* и *МК* подготовки интересующих его видов *Р*. В этой связи для полноценного выбора результата необходима предварительная оценка уровня реализации КО НТД (методико-алгоритмический аппарат оценки рассматривается в подразд. 4.2.3), по результатам которой пользователь либо снижает исходные требования, либо обра-

щается к иным видам *P*, которых можно достичь с текущим доступным набором состояний компонентов, либо осуществляет мероприятия по повышению уровня реализации компонентов системы для достижения искомого *P*. Например, при необходимости картографического веб-сервиса главным условием реализации картографического обеспечения является наличие программного обеспечения веб-картографии, квалифицированных специалистов и источников данных. При отсутствии одного из компонентов пользователю потребуется либо осуществить меры по восполнению недостающего элемента, либо ограничиться подготовкой других видов результатов, например созданием ГИС-проекта или мультимедийного картографического продукта.

Формализация выбора *P* выполнена на основе комбинированного подхода [133], который учитывает основные принципы концепции геовизуализации и особенности технических процедур КО НТД (см. подразд. 4.1.1). Графически процесс принятия решения представлен на рис. 26. Пользователь отвечает на последовательные вопросы схемы процесса и получает рекомендации по подготовке совокупности результатов (см. подразд. 2.2) в зависимости от стадии технических процедур КО НТД (см. подразд. 4.1.1). Предполагается продолжение работы схемы, если по реализации конкретной рекомендации пользователю необходимы дополнительные виды результатов картографического обеспечения. Так, до перехода к технической процедуре публикации пользователь может получить указания по изучению нормативно-правовых документов, поиску и/или созданию источников данных (систематизации), их обработке и анализу (использованию). Как следствие, пространственные данные, ГИС-проекты, алгоритмы и программные модули, условные обозначения и другие результаты могут иметь промежуточный характер, но также могут считаться и конечным результатом картографического обеспечения. Подобная ситуация рассмотрена на примере подготовки веб-сервисов геологоразведочного назначения [294].

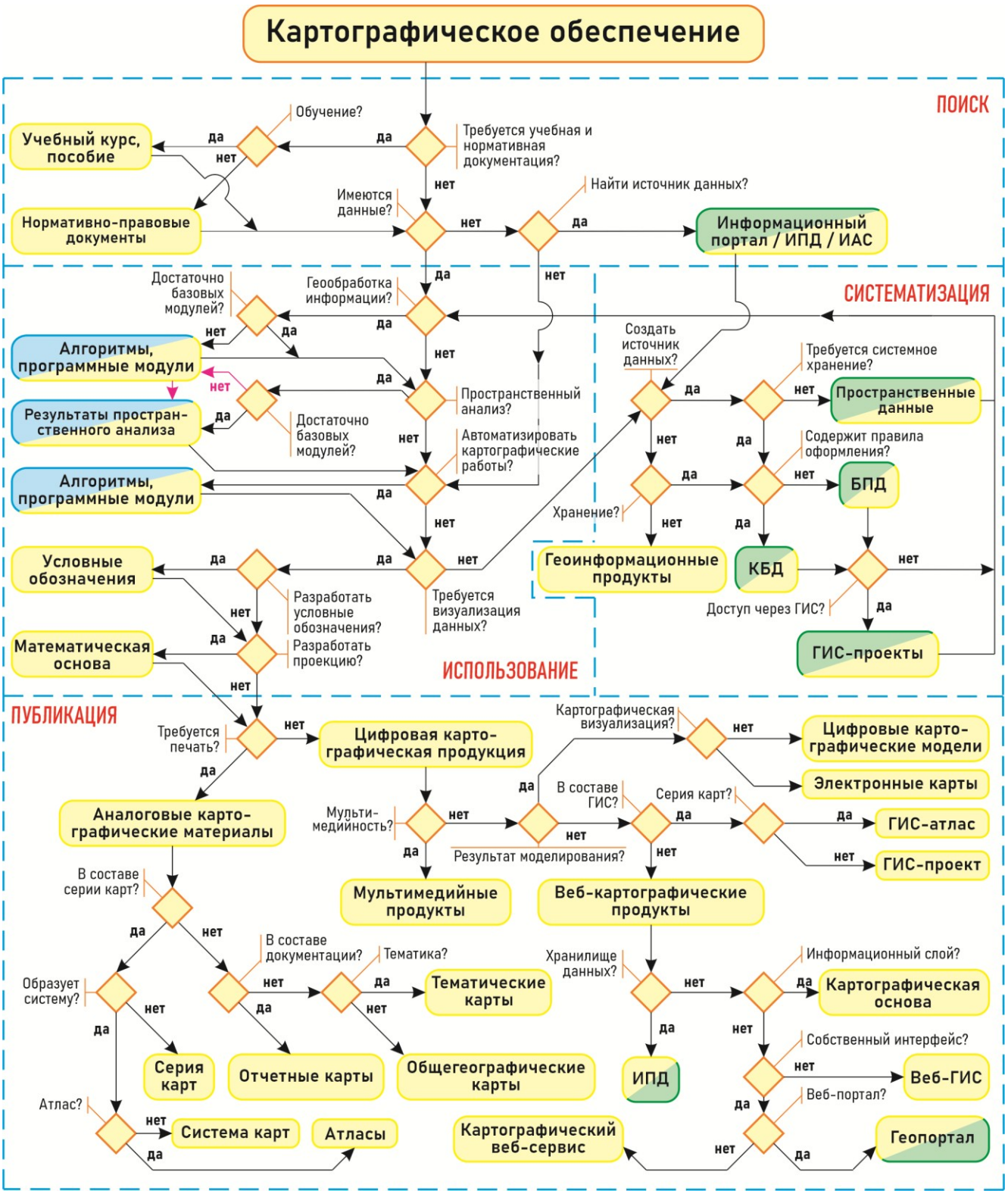


Рисунок 26 – Схема выбора результата картографического обеспечения

4.2.3 Формализация системного процесса картографического обеспечения научно-технической деятельности

Сформированный методико-алгоритмический аппарат выбора компонентов системы КО НТД (подразд. 4.1, 4.2) позволяет формализовать процесс в виде следующей схемы (рис. 27) [131].



Рисунок 27 – Схема процесса картографического обеспечения научно-технической деятельности

Исходное методологическое условие – рассмотрение КО НТД с позиций геовизуализации как концепции, наиболее близкой к его целям (см. подразд. 2.3.2). В результате процесс КО НТД включает два последовательных действия: выявление неизвестных фактов и представление известных. Первичный вопрос схемы процесса направлен на конкретизацию исходной цели, для которой привлекается обеспечение. Если обращение обусловлено необходимостью решения прикладных задач научно-технической деятельности *для выявления неизвест-*

ных фактов с помощью цифровых картографических и геоинформационных продуктов, то процесс предполагает поиск источников, геообработку данных и непосредственно исследование по данным и картографическим материалам. При отсутствии необходимости создания дополнительного картографического материала исследование завершается принятием того или иного решения. В противном случае предлагается экспресс-визуализация данных (рис. 22, *а*; сценарии I и III) в том программном обеспечении, которое было использовано исполнителем процесса на предшествующих этапах.

При повышенных требованиях к оформлению конечного продукта осуществляется переход ко второй части процесса – *представлению известных фактов*. Тогда обеспечение сводится к вопросам оформления конечной продукции (рис. 22, *а*; сценарии II и IV) и подготовки цифровых продуктов, которые одновременно выступают как *Р* и *И* для будущих исследований. При завершении всех операций картографическое обеспечение считается выполненным в полном объеме в соответствии с исходной потребностью научно-технической деятельности.

Последовательные ответы на вопросы схемы (рис. 28), связанные с техническими процедурами КО НТД, конкретизируют состав привлекаемых состояний компонентов *КС*, *Р*, *ТС*, *И* и предоставляют рекомендации-подсказки вида «действие». Компонент *МК* служит теоретико-методологической основой процесса (красный фон на рис. 28). Последующая конкретизация отдельных элементов схемы (в том числе методик геообработки, загрузки данных в проект СПК, подготовки результатов) должна осуществляться применительно к целевой сфере научно-технической деятельности в соответствии с принципами связанных с ней разделов тематического картографирования. Так, рис. 28 предусматривает ситуации, при которых картографическое обеспечение выполняется обоими состояниями компонента *КС*, причем для отраслевого специалиста предоставляются подсказки-«действия», призывающие обратиться за помощью к картографу; учитывается необходимость решения вопросов хранения результатов обеспечения в отраслевых фондовых организациях, в составе БПД, в ГИС-проектах и т. п. [131]

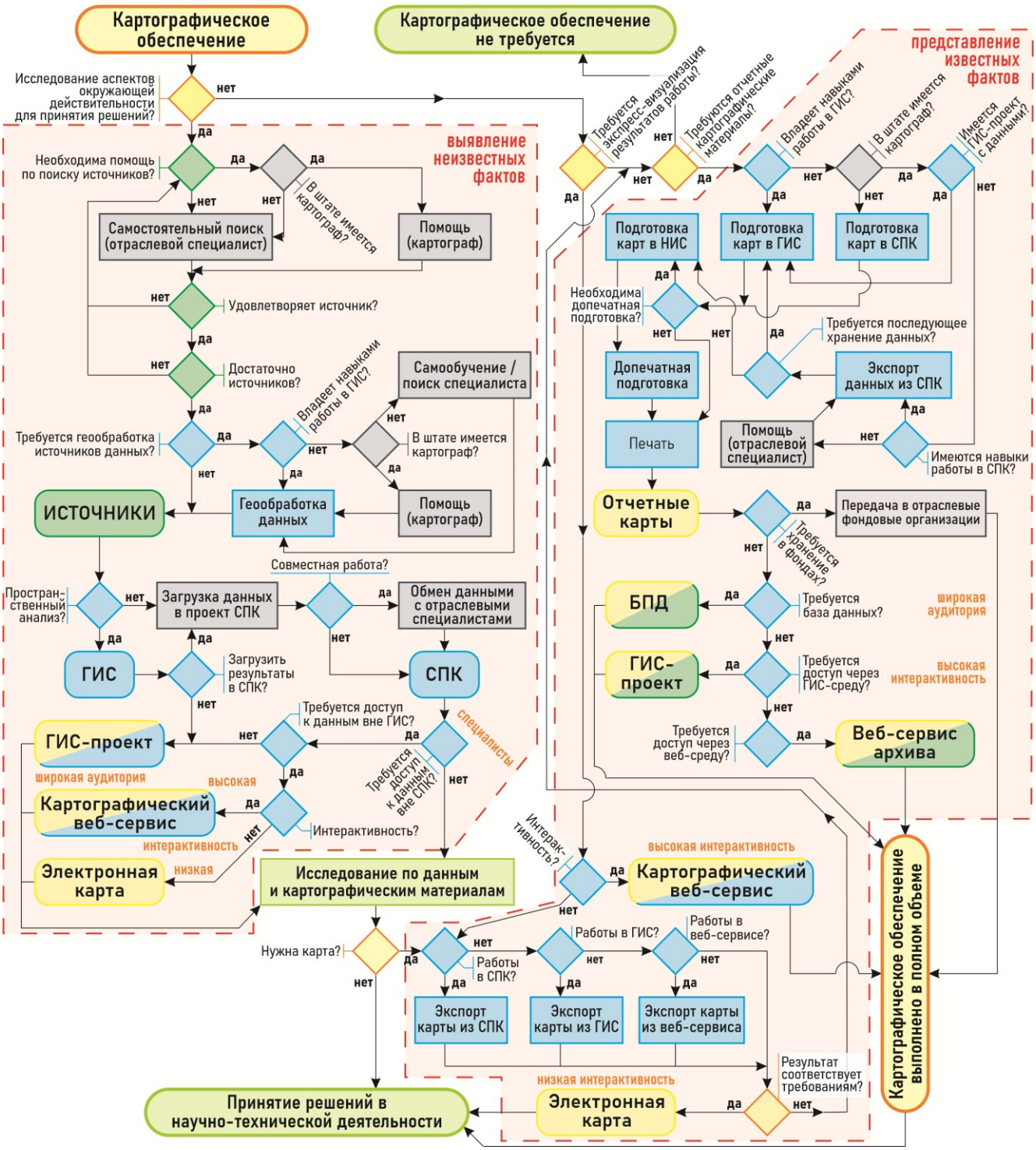


Рисунок 28 – Расширенная схема процесса картографического обеспечения научно-технической деятельности

Таким образом, схема процесса КО НТД:

1) отражает представления о картографическом обеспечении как о процессе, в ходе которого осуществляются не только выбор и подготовка конечного результата, но также целый комплекс вопросов геовизуализации технического, ме-

тодического, источниковедческого и социального характера. Как следствие, процесс зависит от потребностей пользователя, категории исполнителя, общего уровня состояния каждого компонента системы обеспечения;

2) учитывает многофункциональность результатов картографического обеспечения. Так, ГИС-проект и картографический веб-сервис в зависимости от задач использования могут выступать и результатом, и техническим средством, и источником информации;

3) позволяет описать реальную ситуацию, при которой ГИС служат техническим средством, вспомогательным по отношению к СПК. Отсутствие в картографическом обеспечении СПК как класса *ТС* возможно только в случаях, когда либо научно-техническая деятельность тесно связана с геоинформатикой, либо средства ГИС полностью удовлетворяют ее потребности (например, географические исследования).

4.3 Научно-методические основы оценки уровня реализации картографического обеспечения научно-технической деятельности

4.3.1 Принцип историзма при оценке уровня реализации картографического обеспечения научно-технической деятельности

Оценка уровня реализации КО НТД – важная часть теоретико-методологических основ, которая содействует непрерывному совершенствованию картографического производства и участию картографов в решении задач научно-технической деятельности. В научной литературе встречаются «системы критериев оценки картографического обеспечения», которые формируются через «интерполяцию свойств географических карт» [81], т. е. с позиций тождественности понятий «картографическое обеспечение» и «карта». Между тем в соответствии с методологическим принципом системности КО НТД открытость и масштабируемость системы способствуют изменениям качественного состава и форм реализации ее базовых компонентов. Указанные свойства системы позволяют процессу

обеспечения адаптироваться к текущим требованиям научно-технической деятельности и достижениям картографии, а также к уровню развития общественной практики, ее меняющимся потребностям. Таким образом, система КО НТД функционирует *во временно́м измерении*, что способствует разработке и применению следующего принципа историзма: *каждый компонент системы картографического обеспечения приобретает новое состояние в разные периоды развития общественных отношений.* Главный критерий оценки уровня реализации КО НТД – соответствие вовлекаемых состояний компонентов системы текущему уровню научно-технического прогресса.

Совокупность разработанных теоретических основ (см. разд. 3) и методико-алгоритмических решений (см. подразд. 4.1, 4.2) позволяет реализовать принцип историзма через описание эволюционных рядов компонентов системы КО НТД.

Результаты. Эволюционный ряд состояний компонента *P* (рис. 29) построен на основе ранее выявленных результатов картографического обеспечения (подразд. 1.2.3, 2.2). Поскольку конечный выбор *P* зависит от состояний других компонентов, в том числе от задач научно-технической деятельности (см. подразд. 4.2.2), последовательность носит частично хронологический порядок, представленный только на уровне видов картографических продуктов (печатные, электронные, мультимедийные, геоинформационные, веб-картографические), но также подразделяет их в зависимости от характера содержания (например, «карты – серия карт – атласы»).



Рисунок 29 – Обобщенный эволюционный ряд некоторых результатов картографического обеспечения

Специфика ряда заключается в том, что каждое последующее состояние компонента *Р* не ограничивает подготовку предшествующих состояний, тем самым предусматривается возможность одновременной реализации нескольких видов результатов картографического обеспечения. Следует отметить, что системность последнего позволяет включать в состав *Р* новые цифровые картографические и геоинформационные продукты (например, дашборды, карты-истории, мобильные приложения и цифровых двойников), которые в настоящее время недостаточно распространены в отечественной картографии. К таким продуктам также относятся результаты упрощенной картографической визуализации (картоиды, ментальные и «плиточные» карты), методы создания которых востребованы за рубежом в составе концепций расширенной геовизуализации [250].

Источники. Новые типы источников появляются по мере научно-технического прогресса, роста потребностей, совершенствования *ТС*. В этой связи возможно сформировать хронологический ряд состояний компонента *И* (рис. 30). Специфика ряда – каждое последующее состояние является следствием совершенствования информационного обеспечения. При этом не исключается использование более ранних источников в силу их фундаментального значения для деятельности (например, геодезические данные – неотъемлемая часть полевых исследований в отраслях науки о Земле). Кроме того, каждый вид источника самосовершенствуется (например, повышается точность геодезических данных, цифровых моделей рельефа и т. д.), в связи с чем представленный эволюционный ряд носит обобщенный характер, отражает хронологию развития компонента *И*.

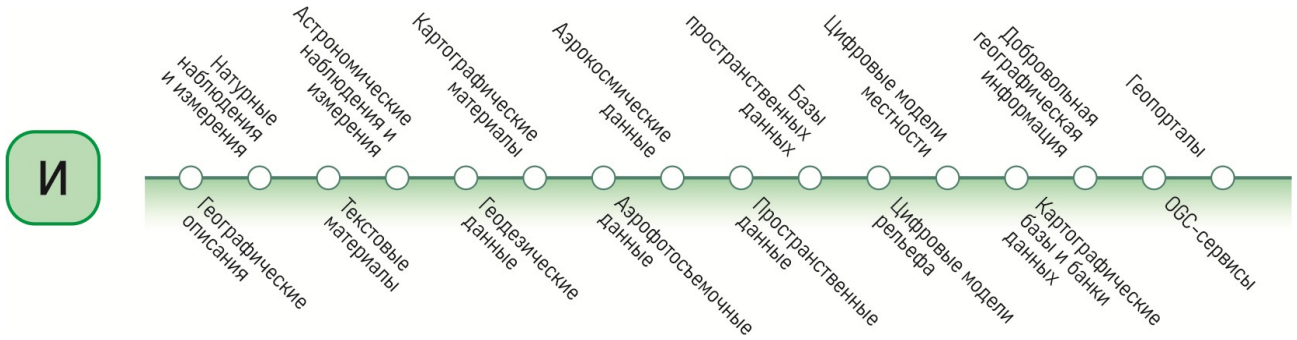


Рисунок 30 – Обобщенный эволюционный ряд некоторых источников картографического обеспечения

Технические средства. Научно-технический прогресс – постоянный предмет исследований отечественных топографов, картографов, географов в области картографического производства (работы Кашина Л. А., Котлякова В. М., Лютого А. А., др.). Компонент *ТС* оказывает влияние на выполнение картографических работ в разные исторические эпохи, однако его модернизация также зависит от требований к качеству итогового результата обеспечения. Например, запрос к повышению точности картографических материалов в XVIII вв. дал стимул к развитию инструментальных методов геодезической съемки, геодезического приборостроения и методов топографической съемки. Только при появлении и должном развитии ГИС результаты картографического обеспечения пополнились электронными картами и атласами, мультимедийными картографическими продуктами, которые не могли быть созданы ранее. Современные веб-сервисы и геопорталы – прямое следствие развития веб-технологий и их использования в картографии.

В общем случае эволюционный ряд иллюстрирует хронологическое совершенствование средств производства (рис. 31): измерительных приборов, средств обработки и анализа источников информации, программного обеспечения средств составления, оформления, печати и публикации картографической продукции.



Рисунок 31 – Обобщенный эволюционный ряд некоторых технических средств картографического обеспечения

Специфика ряда – состояния компонента *ТС* являются одновременно средством реализации картографического обеспечения и источником его развития как системы. Модернизация функциональных возможностей осуществляется в пределах категорий (например, от типографских станков до многофункциональных устройств печати; от теодолита к тахеометру; от чертежного пера к стилусу для дигитайзеров; от фотоаппаратов до сканирующих систем), и среди элементов класса *ТС* (например, эволюция программных продуктов ESRI ArcView, ArcMap и ArcGIS Pro).

Методы и концепции. Эволюционный ряд компонента *МК* (рис. 32) предполагает учет изменений методов и теоретических концепций картографии и отраслей науки, связанных с целевой сферой научно-технической деятельности. Специфика ряда состоит в возможностях пересмотра, актуализации и дополнения основных положений сформированных ранее концепций картографии [284; 294], которые обусловливают ее поликонцептуальность (см. подразд. 2.3.2). В этой связи в эволюционный ряд включены как общепризнанные теории, так и отдельные направления, оказавшие влияние на их развитие. В их числе картология Ратайского Л. (в составе коммуникативной концепции), аналитическая картография Тоблера У. (оказавшая влияние на суть и техническую реализацию ГИС), картономия Лютого А. А. (как часть языковой концепции), геоиконика Берлянта А. М. (относящаяся к геоинформационной концепции), киберкартография Фрейзера Тэйлора Д. Р. (как составляющая геовизуализации) и др.

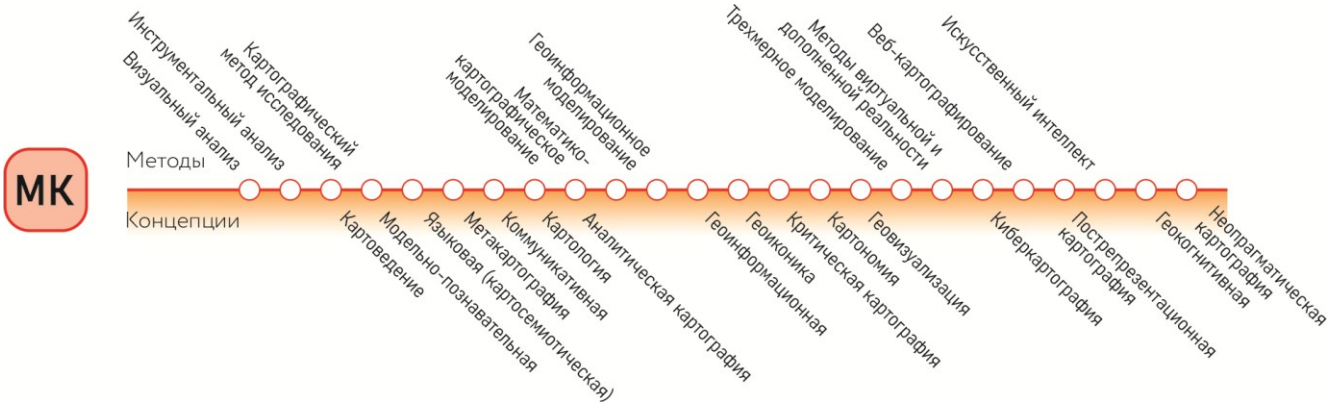


Рисунок 32 – Обобщенные эволюционные ряды методов и теоретических концепций картографии

Впрочем, их хронологический порядок и вклад в общую теорию картографии носят дискуссионный характер [261; 307]. Например, Черкашин А. К. отмечает, что «исторически первой является коммуникативная концепция, потребовавшая формирования соответствующего языка передачи картографической информации; их синтезом является модельно-познавательная концепция; новая геоинформационная концепция объединила особенности трех прежних теорий» [36]. Иные варианты периодизации появления концепций представлены в работах Лютого А. А., Островского В. [138; 307]. Состав также дополняется методами искусственного интеллекта (машинное обучение, глубокое обучение, нейронные сети и т. д.), которые сегодня становятся неотъемлемой частью картографии [103; 104; 125] и картографического обеспечения.

4.3.2 Методико-алгоритмический аппарат оценки уровня реализации картографического обеспечения научно-технической деятельности

Рассмотренные аспекты принципа историзма положены в основу методико-алгоритмического аппарата оценки уровня реализации КО НТД. Поскольку каждый компонент системы имеет собственную специфику и не всегда может быть выражен количественно, целесообразно в качестве шкалы оценки принять эволюционные ряды состояний компонентов (рис. 29–32). Минимальный уровень реализации КО НТД соответствует начальному состоянию каждого компонента, а максимальный теоретический уровень – актуальные состояния, но необязательно получившие массовое практическое применение на момент оценки.

Суть методико-алгоритмического аппарата далее проиллюстрирована на примере условной научно-технической деятельности, для которой максимальный теоретический и практический уровни картографического обеспечения меняются за условные периоды А–Г (рис. 33) [118]. Пусть компоненты системы картографического обеспечения характеризуются современными для периода А состояниями $(Р)_А$, $(И)_А$, $(ТС)_А$, $(МК)_А$, а на уровне научно-технической деятельности (субъекта производственных отношений) используются их максимальные, промежуточные и/или минимальные состояния. Посредством откладывания и соеди-

нения условных точек состояний на осях координат каждого компонента образуются площадные фигуры текущего практического $(КО_П)_А$ и максимального теоретического $(КО_Т)_А$ уровней реализации КО НТД. Разность полученных фигур иллюстрирует степень необходимости модернизации компонентов системы картографического обеспечения и ее потенциальные направления. Так, график для периода А (рис. 33, позиция *А*) свидетельствует о недостаточном уровне компонентов, за исключением $(МК)_А$, практическая реализация которого соответствует современным на тот момент методам, концепциям картографии и отраслей науки, связанных с целевой сферой научно-технической деятельности.

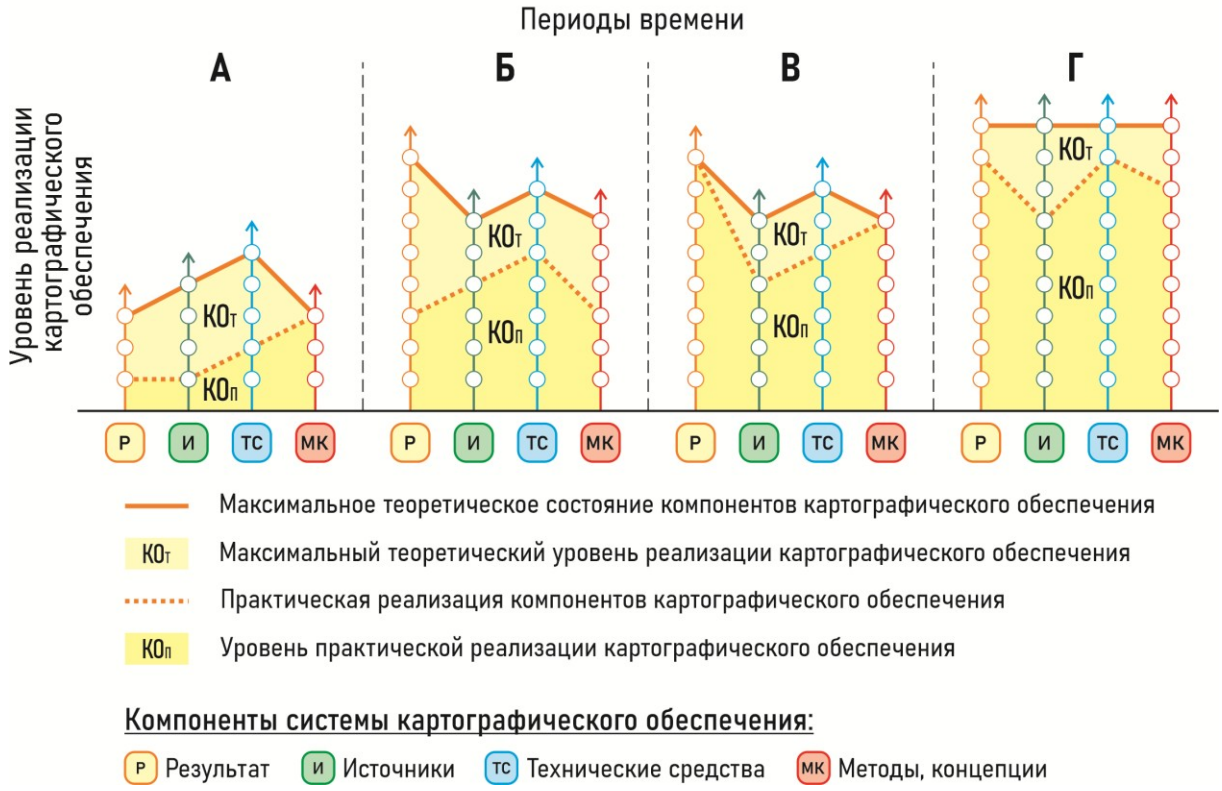


Рисунок 33 – Схема методико-алгоритмического аппарата оценки реализации КО НТД (расшифровка буквенных индексов дана в тексте)

Пусть к периоду Б меры по модернизации позволили достичь состояний компонентов системы картографического обеспечения, актуальных на период А. Однако за указанный промежуток времени максимальный теоретический уровень состояний компонентов претерпел изменения (позиция *Б*), поэтому разность фи-

гур $(КО_П)_Б$ и $(КО_Т)_Б$ иллюстрирует необходимость новых мер для повышения уровня реализации КО НТД.

Частичное достижение нового уровня фигуры $(КО_П)_В$ в период В (позиция *В*) совпадает с отсутствием изменений максимальных теоретических состояний компонентов ($(КО_Т)_Б$ и $(КО_Т)_В$) и приводит к сокращению разностной площади фигур, что указывает на высокую эффективность реализации картографического обеспечения. Последующее в период Г взаимное изменение $(КО_П)_Г$ и $(КО_Т)_Г$ (позиция *Г*) иллюстрирует опережающий характер мер по модернизации КО НТД, но также необходимость нового повышения уровня реализации.

Исходя из вышесказанного, методико-алгоритмический аппарат оценки уровня реализации КО НТД на основе исторического подхода предусматривает выполнение следующих этапов:

1) определение теоретически возможных состояний каждого компонента системы картографического обеспечения целевой сферы научно-технической деятельности на исследуемый период; построение эволюционных рядов состояний компонентов и фигуры $(КО_Т)$;

2) анализ отраслевых исследований в области КО НТД; определение практически используемых состояний компонентов системы обеспечения; уточнение эволюционных рядов состояний компонентов, построение фигуры $(КО_П)$;

3) оценка разности фигур $(КО_Т)$ и $(КО_П)$; разработка программы модернизации КО НТД;

4) собственно модернизация КО НТД;

5) мониторинг изменения максимальных теоретических состояний компонентов КО НТД; повтор этапов 1–4.

Важные следствия:

1) развитие КО НТД есть непрерывный процесс достижения максимального теоретического уровня компонентов системы: $(КО_П) \rightarrow (КО_Т)$;

2) эволюция компонентов системы КО НТД способствует постоянной востребованности методов картографии в решении прикладных задач;

3) идеальный вариант реализации КО НТД – использование актуальных на конкретный исторический момент состояний компонентов его системы;

4) поскольку $(КО_Т)_Г$ актуальнее $(КО_Т)_А$, объективная оценка КО НТД достигается в срезе соответствующей эпохи и современных для нее состояний компонентов системы.

Следствие 1 подтверждает правомерность методологического принципа системности КО НТД, поскольку свидетельствует о динамичности системы обеспечения и ее компонентов.

Следствие 2 характеризует важную роль развития каждого компонента системы КО НТД в совершенствовании остальных компонентов и системы в целом. Так, методико-алгоритмический аппарат позволяет эмпирически описать способность компонентов системы адаптироваться к интеллектуальным, философским, технологическим революциям, проявлять гибкость в отношении актуальных тенденций в анализе и визуализации пространственных данных, в том числе с методов и технологий искусственного интеллекта.

Следствие 3 определяет в качестве объективной оценки уровня реализации КО НТД скорость реакции всех компонентов на изменение максимального порога их теоретически возможных состояний. Так, на вероятное снижение эффективности и ограничение возможностей научно-технической деятельности указывает использование объективно устаревших состояний компонентов системы обеспечения. Таким образом, время в равной степени выступает внешним (по отношению к системе) и внутренним (по отношению к взаимосвязям компонентов) фактором, который выражается в логическом развитии (изменении состояний) каждого компонента системы, влияет на ее состав, определяет суть и функции КО НТД.

Следствие 4 предполагает, что сущность картографического обеспечения необходимо рассматривать с учетом специфики времени, в котором были осуществлены предшествующие исследования. Подход подчеркивает правомерность понимания вопросов составления карт в рамках топографо-геодезического обеспечения в отсутствие системных исследований по общей теории картографии (XVIII–XIX вв.), объективность синонимизации терминов «картографическое

обеспечение» и «карта» в исследованиях XX в. Однако прямое следование предшествующим методологическим принципам в XXI в. представляется анахронизмом, поскольку в настоящее время требуются новые методологические решения в области создания и использования современных цифровых картографических и геоинформационных продуктов в составе картографического обеспечения.

Использование исторического подхода обусловливает следующие концептуальные и информационные ограничения методико-алгоритмического аппарата оценки уровня реализации КО НТД:

1) хронология эволюционных рядов состояний компонентов не всегда соотносится с эффективностью более поздних состояний компонентов в реализации КО НТД. Ранние состояния компонентов могут обладать фундаментальным значением и быть востребованными вне зависимости от появления новых состояний, например, результаты наземных полевых наблюдений точнее глобальных моделей геофизических полей, отсутствие сети Интернет нивелирует преимущества геопорталов перед электронными картами, бумажными атласами, и т. д.;

2) комплексный анализ эволюции компонентов требует учета множества внешних факторов, включая научно-технические, социальные, экономические и т. д. В этой связи эволюционные ряды (рис. 29–32) могут выступать первичной платформой для практического использования методико-алгоритмического аппарата. Дальнейшее повышение объективности оценки требует выработки количественных критериев эффективности и востребованности состояний компонентов системы КО НТД;

3) различная степень потребности в совершенствовании картографического обеспечения со стороны научно-технической деятельности. Так, чем успешнее задачи целевой сферы выполняются с помощью минимальных состояний компонентов обеспечения, тем меньше необходимость его приведения к максимальному теоретическому уровню. Таким образом, нужен аудит потребностей целевой сферы научно-технической деятельности в современных инструментах работы с пространственными данными и подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов.

Из вышесказанного следует, что предложенный методико-алгоритмический аппарат способствует предварительной оценке уровня реализации КО НТД и носит рекомендательный характер [118]. Тем не менее его использование отраслевыми специалистами повысит осведомленность о последних состояниях компонентов и возможностях совершенствования системы картографического обеспечения для снабжения исследований его результатами.

4.3.3 Методика оценки востребованности картографических работ с пространственными данными

В целях устранения ограничений разработанного методико-алгоритмического аппарата оценки уровня реализации КО НТД и систематизации технологических решений цифрового картографического производства разработана методика оценки востребованности картографических работ с пространственными данными на этапах целевой научно-технической деятельности (рис. 34).

Методика предполагает аудит потребностей целевой научно-технической деятельности в современных инструментах работы с пространственными данными, оценку востребованности картографических работ на этапах данной деятельности и определение направлений технико-методической модернизации для достижения максимального уровня реализации картографического обеспечения. В результате предполагается устранение бессистемного использования различных видов программного обеспечения по принципу «здесь удобнее» и/или в силу лучшей реализации инструментов для решения соответствующих картографических задач, например для преобразования координат объектов, которое может быть реализовано картографом с помощью ГИС и/или самостоятельно отраслевым специалистом в сторонних программах-конвертерах.

Первый этап методики направлен на составление перечня картографических задач с пространственными данными, выполняемых и/или требующих выполнения в ходе целевой сферы научно-технической деятельности. Задачи объединяются в виды картографических работ в соответствии с техническими процедурами обеспечения и/или иными критериями.

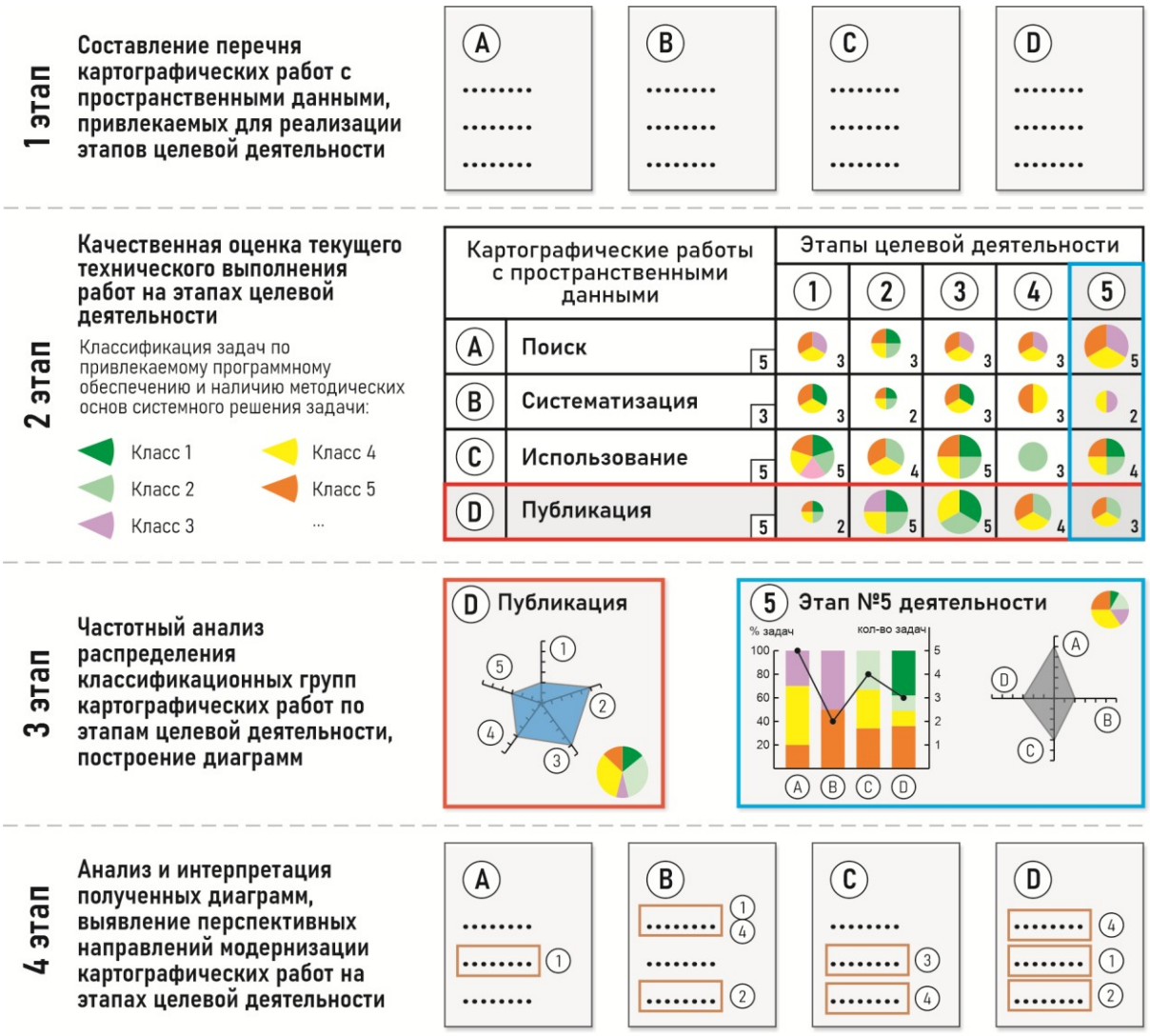


Рисунок 34 – Методика оценки востребованности картографических работ с пространственными данными на этапах целевой научно-технической деятельности

Второй этап предусматривает качественную оценку текущего выполнения картографических работ в процессе целевой научно-технической деятельности. Формируется таблица, в которой присутствие и техническая реализация каждого вида картографических работ оцениваются по качественной шкале по критериям: привлекаемое программное обеспечение, наличие методических основ системного решения задачи. Полученная матрица значений классификационных групп дает общее представление о составе и востребованности картографических работ на этапах научно-технической деятельности, а также об их обеспеченности текущими программными средствами и научно-методическими разработками.

На *третьем этапе* предполагается переход от номинальной шкалы измерений к абсолютной. Для этого проводится частотный анализ распределения классификационных групп картографических работ по стадиям научно-технической деятельности. Графически результаты оценки могут быть представлены следующими типами диаграмм:

– *звездчатые (радарные) диаграммы* позволяют оценить в целом востребованность работ с пространственными данными. В качестве осей диаграммы используются этапы деятельности и виды картографических работ. По каждой оси откладывается рассчитанное количество задач, формируется уникальная фигура, площадь которой иллюстрирует общую востребованность работ в научно-технической деятельности, а характер изменения ее контуров свидетельствует о степени равномерности интереса к картографическому обеспечению;

– *круговые диаграммы* формируют общее представление о структуре технико-методического обеспечения картографических работ на каждом этапе научно-технической деятельности. Выбор этого вида диаграмм обусловлен субъективностью показателя «количество картографических задач», значение которого может меняться с течением времени и в зависимости от применяемых методик расчета;

– *нормированные линейчатые диаграммы* детализируют структуру технико-методического обеспечения картографических работ в относительной шкале и служат индикатором необходимости уменьшения бессистемности применения *ТС* при решении задач научно-технической деятельности. Вторая ось диаграммы – абсолютная шкала значений количества задач – позволяет оценить размер выборки и ее вклад в общую структуру технико-методического обеспечения картографических работ.

На *четвертом этапе* выполняются анализ и интерпретация полученных результатов, которые позволяют определить востребованность картографических работ, а также перспективные направления их модернизации.

Пример апробации разработанной методики рассмотрен в подразд. Б.4 приложения Б.

4.4 Методология исследования картографического обеспечения научно-технической деятельности

Комплекс полученных методико-алгоритмических решений, направленных на системное использование программных средств для подготовки современных цифровых картографических и геоинформационных продуктов в составе КО НТД, позволяет сформулировать на технологическом уровне методологию исследования (табл. 12). Она представляет единый подход к системной модернизации цифрового картографического производства, учитывающий особенности целевой деятельности и роль картографии и геоинформатики в реализации ее задач [131].

Таблица 12 – Методология исследования КО НТД

Этап	Наименование	Подразделы исследования
I	Комплексный анализ целевой научно-технической деятельности (далее – целевой НТД)	Приложение Б*
I.1	Изучение сущности, задач, особенностей целевой НТД	Б.1 (приложение Б)*
I.2	Выявление перспективных направлений развития целевой НТД с помощью методов картографии и геоинформатики	Б.2 (приложение Б)*
II	Комплексный анализ состояния картографического обеспечения целевой НТД	1.2; 1.3; 4.3.3; приложение Б*
II.1	Исторический анализ роли картографии и геоинформатики в становлении теоретико-методологических основ и реализации задач целевой НТД	5.1*
II.2	Библиографический анализ опыта картографического обеспечения целевой НТД. Определение текущего места картографического обеспечения в задачах целевой НТД	1.2; 1.3; 5.2*
II.3	Анализ структуры и оценка востребованности картографических работ с пространственными данными на этапах целевой НТД	4.3.3; Б.3, Б.4 (приложение Б)*
II.4	Научно-методическое обоснование перехода к системному картографическому обеспечению целевой НТД	5.3*
III	Разработка системы картографического обеспечения целевой НТД	1.2; 1.3; 3.2; 4.1; 5.4*
III.1	Характеристика целей и задач картографического обеспечения целевой НТД	5.4.1*
III.2	Конкретизация состава компонентов и подсистем картографического обеспечения целевой НТД	5.4.2*
III.3	Оценка текущего уровня реализации картографического обеспечения целевой НТД	4.1; 5.4.3*
III.4	Разработка программы модернизации картографического обеспечения целевой НТД	5.4.4*

Этап	Наименование	Подразделы исследования
IV	Модернизация картографического обеспечения целевой НТД	6.1–6.3*; 7.1–7.3*
IV.1	Совершенствование геоинформационной составляющей подготовки цифровых картографических продуктов	6.1–6.3*
IV.2	Совершенствование веб-картографической составляющей подготовки цифровых картографических продуктов	7.1–7.3*
* Рассматривается в подразделах диссертации на примере недропользования		

Этап I направлен на комплексное изучение целевой деятельности, ее роли в развитии экономики и обеспечении стратегической безопасности, технологического суверенитета страны. Первичные мероприятия (подэтап I.1) необходимы для повышения осведомленности исполнителя картографического обеспечения о теоретико-методологических основах целевой деятельности, ее организационной структуре, нормативно-методических документах, текущих особенностях сопровождения процесса принятия решений (в том числе о регламентировании задач, связанных с картографией и геоинформатикой). Результат – определение степени потребности целевой деятельности в картографическом обеспечении как таковом. Дальнейшая систематизация сведений о целевой деятельности в сочетании с анализом государственных программ ее развития позволит выявить направления модернизации, в которых системное картографическое обеспечение обладает потенциалом для повышения эффективности выполнения ее задач (подэтап I.2).

Этап II предполагает комплексный анализ состояния картографического обеспечения целевой деятельности, направленный на определение роли картографии и геоинформатики в становлении теоретико-методологических основ и реализации задач деятельности. В первую очередь выполняется библиографический анализ опыта картографического обеспечения целевой деятельности (в том числе научных изданий по смежным видам обеспечения пространственными данными). В ретроспективе освещается роль картографии и картографических моделей в становлении основных методов целевой деятельности и изучении ее объекта исследования (подэтап II.1), формируется перечень фундаментальных картографических произведений, рассматривается эволюция роли картографических мате-

риалов в решении задач целевой деятельности. Выявляются исторические основы для формирования текущего места и роли картографического обеспечения в целевой деятельности (подэтап II.2), а также формирования состава картографических работ, применяемых для выполнения ее задач (подэтап II.3). Систематизация полученных сведений дает основания для выделения картографического обеспечения в самостоятельный процесс и научно-методического перехода к системному картографическому обеспечению целевой деятельности (подэтап II.4).

На *этапе III* конкретизируется понятийный аппарат системы картографического обеспечения (подэтап III.1). Выполняется адаптация концептуальной модели системы КО НТД: уточняются состояния компонентов *МК*, *И*, *КС*, *ТС* и их подсистемы с учетом особенностей целевой деятельности (подэтап III.2). Указанные мероприятия позволяют сформировать теоретическую основу для последующего применения методического аппарата анализа текущего уровня реализации обеспечения (подэтап III.3) и разработке программы его модернизации (подэтап III.4).

Этап IV представляет собой собственно реализацию программы модернизации картографического обеспечения целевой деятельности в части совершенствования состояний каждого компонента системы. Состав и цели последующих мероприятий формируются на основе результатов предшествующих этапов. Результат – приближение уровня реализации обеспечения целевой деятельности к максимальному на текущий момент теоретическому уровню.

Изложенная методология исследования, основанная на разработанном научно-методическом аппарате системы КО НТД (рис. 35), представляет собой теоретический результат, который:

1) позволяет получить новое знание о процессах, протекающих в рамках выполнения картографического обеспечения, и устранить текущее несоответствие методологических принципов КО НТД современному концептуальному и технологическому уровню развития методов картографии и геоинформатики;

2) закладывает теоретико-методологические основы научно обоснованного внедрения новых технологий в картографию и их использования в рамках карто-

графического обеспечения прикладных задач различных сфер научно-технической деятельности;

3) предлагает единый подход к системной модернизации цифрового картографического производства, учитывающий особенности целевой сферы деятельности и роль картографии и геоинформатики в реализации ее задач;

4) предсказывает ранее неизвестные свойства картографического обеспечения как системы, а также направления развития ее компонентов для поддержания уровня обеспечения в соответствии с последними достижениями научно-технического прогресса;

5) способствует применению картографического обеспечения в сферах научно-технической деятельности, в которых пространственная составляющая имеет второстепенный характер и/или косвенно влияет на основной предмет исследования, последующему накоплению эмпирического опыта реализации картографического обеспечения и переводу его в разряд общенаучного вида обеспечения научно-технической деятельности (см. рис. 1).



Рисунок 35 – Научно-методический аппарат системы КО НТД

Выводы по четвертому разделу

По итогам четвертого раздела получены следующие основные результаты:

1) научно-методический аппарат формализации технического аспекта КО НТД, основанный на концептуальных моделях взаимодействий технических средств и технического пространства картографического обеспечения, позволяет научно обосновать необходимость включения в единый цикл цифрового картографического производства вопросов подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов, в том числе с использованием технологий веб-картографии;

2) разработанная методика оценки востребованности картографических работ с пространственными данными обеспечивает систематизацию и определение уровня их программного и научно-методического обеспечения, а также направлений технико-методической модернизации использования различных программных средств для реализации картографических работ, наиболее востребованных при решении задач целевой сферы научно-технической деятельности;

3) актуализированные с позиций веб-картографии положения концепции «реальные и виртуальные карты», а также основополагающие принципы геовизуализации положены в основу методико-алгоритмического аппарата формализации выбора результата картографического обеспечения, позволяющего получить рекомендации по составу цифровых картографических и геоинформационных продуктов, необходимых пользователю для решения прикладных задач научно-технической деятельности;

4) методико-алгоритмический аппарат формализации выбора компонентов системы картографического обеспечения дает возможность представить данный системный процесс в виде схемы действий пользователя, в ходе которого осуществляются выбор вида конечного результата, а также состояний других компонентов и решение комплекса технических, методических, источниковедческих и социальных вопросов;

5) предложенный принцип историзма картографического обеспечения позволяет использовать соответствие вовлекаемых состояний компонентов системы текущему уровню научно-технического прогресса в качестве главного критерия методико-алгоритмического аппарата оценки уровня реализации КО НТД. Этапы оценки позволяют разработать программу модернизации компонентов системы обеспечения для достижения максимального теоретического уровня картографического обеспечения и постоянной востребованности картографии для решения прикладных задач научно-технической деятельности;

6) полученный комплекс взаимодополняющих методико-алгоритмических решений составляет методологию исследования КО НТД. На технологическом уровне она представляет единый подход к системной организации цифрового картографического производства; закладывает теоретико-методологические основы научно обоснованного внедрения новых технологий в картографию; позволяет устранить текущее несоответствие методологических принципов КО НТД современному концептуальному и технологическому уровню развития методов картографии и геоинформатики; предсказывает направления развития компонентов системы для поддержания уровня реализации картографического обеспечения в соответствии с последними достижениями научно-технического прогресса.

5 СИСТЕМА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Последующие разделы исследования представляют апробацию основных положений нового методологического принципа КО НТД на примере недропользования как стратегической отрасли экономики, направленной на рационализацию ресурсопотребления, воспроизводство минерально-сырьевой базы, охрану, управление и мониторинг недр для обеспечения долгосрочного развития отечественной экономики. Согласно отчету [191], сегмент геологоразведочных, геофизических и геохимических работ в области изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы обладает высоким потенциалом использования пространственных данных, разработки продуктов и услуг на их основе. Библиографический анализ научных изданий (см. разд. 1) также показал актуальность картографического обеспечения основных компонентов недропользования – ГРР и геолого-геофизических исследований (далее – ГГИ).

В этой связи приложение разработанных теоретико-методологических основ системы КО НТД (рис. 36) обладает потенциалом для модернизации цифрового картографического производства в части удовлетворения потребностей недропользования в новых принципах информационной поддержки, анализа, визуализации и предоставления доступа к пространственным данным с помощью цифровых картографических и геоинформационных продуктов. Так, стимулирование научно-технического, производственно-технологического, информационно-аналитического и других видов обеспечения отечественного недропользования представлено в задачах стратегий развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 г. [167] и до 2050 г. [168]. Внедрение перспективных технологий «для устойчивого обеспечения экономики страны запасами минерального сырья и геологической информацией о недрах» также закреплено в качестве одного из приоритетных направлений развития ГРР в государственной программе Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» [157].

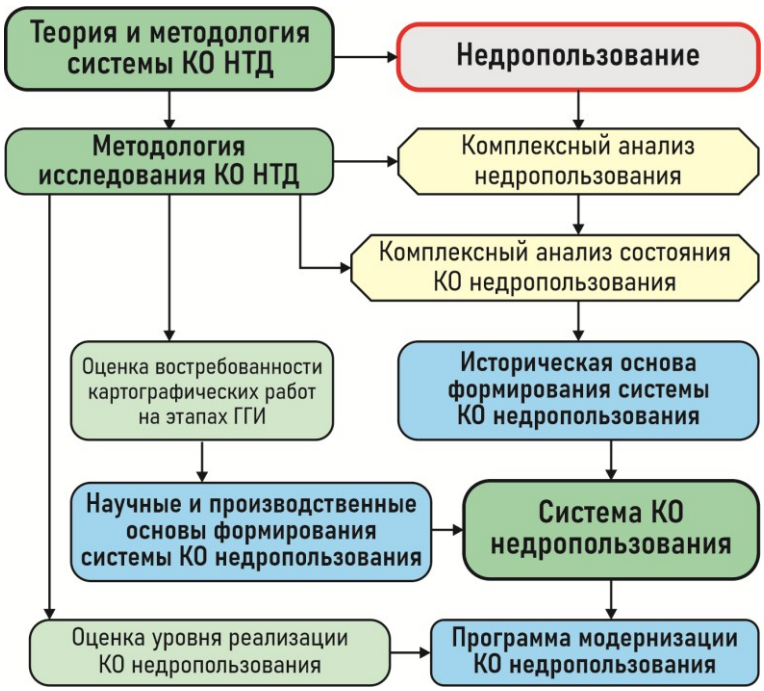


Рисунок 36 – Схема приложения теории и методологии системы КО НТД к недропользованию как стратегической отрасли экономики

5.1 Историческая основа формирования системы картографического обеспечения недропользования

В соответствии с разработанной методологией исследования (см. подразд. 4.4) результаты комплексного анализа целевой деятельности (приложение Б) позволяют выявить комплекс исторических, научных и производственных основ формирования системы картографического обеспечения недропользования и разработать программу ее модернизации.

По результатам систематизации ключевых событий и научных трудов в области естествознания, геологии, геофизики [19; 132; 175; 201; 225; 231], а также фундаментальных картографических произведений (приложение Б, рис. Б.2) выделены основные периоды развития роли карт в недропользовании [118]:

1) схематичное изображение объектов недропользования и результатов исследований магнитного поля Земли (начало XVI – конец XVIII в.);

2) средство накопления и обобщения геологических и естественнонаучных знаний (вторая половина XVIII в. – 1920-е гг.);

3) средство визуализации результатов государственных геолого-геофизических работ (начало XIX в. – н. в.);

4) средство накопления и обобщения геолого-геофизических данных и знаний (1920-е гг. – н. в.);

5) средство визуализации цифровых массивов геолого-геофизических пространственных данных (1960-е гг. – н. в.);

6) средство коммуникации с геолого-геофизическими данными в веб-среде (начало XXI в. – н. в.).

Отсутствие резких границ между периодами обусловлено тем, что виды результатов картографического обеспечения не исчезают в ключевые моменты становления геологической и геофизической наук, а взаимно дополняются и нередко объединяются в результаты более высокого порядка, не отменяя предыдущие. Периодизация иллюстрирует, что сегодня карта одновременно отражает текущий уровень геолого-геофизических знаний, является средством моделирования и познания геологической действительности, способом накопления и обобщения, визуализации информации и знаний, а также средством доступа к геолого-геофизическим данным в веб-среде при познании геологической действительности. Например, в работе автора [134] рассмотрено использование карты плотности геолого-геофизической изученности в качестве фактора формализации принятия решений по включению тематических карт в структуру комплексных атласов как важной составляющей автоматизации процессов атласного картографирования [220].

Роль карт как средств накопления и обобщения данных не исчезает, а дополняется новыми средствами визуализации и анализа данных с помощью ГИС и технологий веб-картографирования. Об этом свидетельствуют работы в области создания отраслевых баз и банков геолого-геофизических данных, картографических веб-сервисов для обеспечения доступа к первичной и производной геолого-геофизической информации [22; 239], цифрового геологического картографирования [73; 197]. Так, реализуется Единая геолого-картографическая модель территории Российской Федерации и ее континентального шельфа, технологическая

основа которой разработана Центром информационных технологий по региональной геологии и металлогении Института Карпинского [65]. Кроме того, появляются новые направления цифровизации нефтегазовой отрасли [219], такие как подготовка цифровых моделей местности лицензионных участков недропользования [105], цифровых двойников месторождений [218], сейсмической партии, инфраструктуры [67] и др., в том числе с использованием методов искусственного интеллекта [13].

5.2 Картографические работы в составе топографо-геодезического обеспечения геолого-геофизических исследований

Несмотря на наличие исторической основы системы картографического обеспечения недропользования, нормативное регулирование составления и использования карт в основном продолжает осуществляться в составе топографо-геодезического обеспечения полевых геолого-геофизических исследований (далее – ТГО). Так, государственная потребность в организационно-техническом совершенствовании ГРР обусловила во второй половине XX в. разработку серии документов, регламентирующих выполнение геодезических, топографических, маркшейдерских и картографических работ (1964, 1974, 1984, 1997). В качестве основной цели было закреплено «создание геодезической и топографической основ геологоразведочных работ, а также… решение ряда технических задач, возникающих в процессе проходок горных выработок или производства буровых и геофизических работ» [173]. Таким образом, картографические работы рассматривались как часть ТГО ГРР.

По мере развития геодезического и геофизического приборостроения, увеличения требований к точности определения планово-высотного обоснования пунктов геофизических наблюдений и других объектов ГРР, состав ТГО дополнился вопросами навигационного обеспечения морской геологоразведки. Однако объем регламентируемых картографических работ в действующей инструкции

1997 г. сократился до одного подп. 6.1. («Создание топографических основ») [72], а упоминание о картографических работах упразднено.

Между тем в настоящее время производственное решение задач технологических этапов ГГИ сопровождается не только традиционными, но также новыми по форме и содержанию видами цифровой картографической продукции на основе пространственных данных [112] и широким вовлечением геоинформационных систем. Так, начиная с 2000-х гг. в геологоразведочной отрасли рассматривается потенциал использования ГИС для «интегрирования данных топографо-геодезической, геолого-геофизической изученности территории» [206]. Геоинформационный подход применяется при разработке технологий геодезического обеспечения сейсморазведочных работ, направленных на повышение точности и надежности определения плановых координат и высот в условиях залесенной местности [29], автоматизированную обработку результатов планово-высотного обеспечения [28]. Разрабатываются программные продукты для производственных процессов навигационного и геодезического обеспечения геолого-геофизических работ [97]. Однако вопросы подготовки пространственных данных отраслевого назначения не находят отражения в действующих инструкциях ГРР, в том числе по причине нерегулярного обновления. Редкие нормативные документы, преимущественно относящиеся к разведочному этапу ГРР (например, ГОСТ Р 56448-2015), расширяют перечень рекомендуемых исходных данных для программного обеспечения геологического моделирования картографическими материалами, космическими снимками и пространственными данными. Таким образом, регламентируемый состав задач ТГО ГРР не только *не включает картографические методы*, но и *нуждается в обновлении* по причине методического устаревания описываемых в действующей Инструкции [72] технологий издания карт, проведения геодезических работ и геодезического приборостроения.

Отсутствие принципиальных изменений во многом связано с доминированием понимания ТГО как единственного вида работ, в котором привлекаются методы геодезии и картографии. Термин «топографический» используется по привычке в отношении специализированных подразделений, в ве́дении которых на-

ходится подготовка карт (топографо-геодезические партии, топографические отряды и бригады при геофизических партиях). В результате при фундаментальной роли топографических основ картографическая деятельность остается исключительно вспомогательной. Например, в работе Бударовой В. А. (2010) «создание цифровой геоинформационной основы карты, оформление и создание карты профилей и пунктов геофизических наблюдений» входит в состав технологической схемы создания выходных материалов *геодезического обеспечения* [28].

Узконаправленный подход к пониманию места картографических работ в текущих нормативных документах ТГО ГРР контрастирует с производственной ситуацией в камеральной фазе ГГИ, где составление и использование карт не ограничиваются топографическими материалами, а охватывают существенно большее число видов и типов карт. Картографические материалы нужны для ознакомления с геолого-геофизическими, физико-географическими, климатическими, орогидрографическими, геокриологическими, социально-экономическими, инфраструктурными условиями территории работ. Широкий спектр средне- и мелкомасштабных общегеографических и тематических карт применяется для формирования обязательных разделов проектов ГРР и отчетных документов [45]. Однако такие работы не имеют должного регламентирования. Только в п. 7.11.4 ГОСТ Р 53579-2009 в отношении «отчетов, имеющих картографические приложения» отмечена необходимость описания «*картографического обеспечения* представления результатов (курсив мой. – *Д. Л.*)», под которым понимаются выходные параметры «картографических основ карт геологического содержания» (авторы и год составления, сведения о картографической проекции и системе координат и др.) [45].

5.3 Научно-методическое обоснование перехода к системному картографическому обеспечению этапов геолого-геофизических исследований

Полученные результаты оценки востребованности картографических работ с пространственными данными на этапах ГГИ (приложение В) позволяют устано-

вить *наличие объективных предпосылок к переходу от рассмотрения картографических работ как вспомогательного элемента ТГО к их выделению в самостоятельный вид обеспечения ГГИ и формированию соответствующих теоретико-методологических основ картографического обеспечения недропользования.* Данные меры позволят учесть объективные тенденции изменения формы и содержания цифровых картографических и геоинформационных продуктов (см. подразд. 2.2) и многогранность современной роли карт в ГРР (см. подразд. 5.1).

Актуальность предложения обусловлена вниманием представителей отрасли недропользования к подготовке новых центров добычи полезных ископаемых посредством уточнения геологического строения, переоценки потенциала слабоизученных районов, в том числе старых нефтегазодобывающих провинций, комплексов с трудноизвлекаемыми и нетрадиционными углеводородами [149], континентального шельфа и акватории внутренних морей, глубоководных осадочных бассейнов. Указанные задачи предопределяют рост доли камеральных работ, связанных с развитием информационных технологий для обработки и интерпретации всей накопленной и вновь полученной информации, с привлечением новых способов организации доступа к отраслевым данным, в том числе имеющим координатную составляющую [120]. Системный подход к организации *единого картографического обеспечения полевой и камеральной фазы ГГИ* позволяет консолидировать текущие разрозненные технологии и методы создания и использования карт и пространственных данных в единое методологическое решение, направленное на поддержку особенностей технологической структуры ГГИ и стадийного выполнения ГРР. Вышеупомянутые меры позволят восполнить «недостаточную степень информатизации геологической отрасли, ограниченность и несовершенство автоматизированных систем сбора, обработки, хранения, поиска и предоставления в пользование цифровой геологической информации» [167] путем включения в состав задач картографического обеспечения подготовку интерактивной среды взаимодействия с отраслевыми пространственными данными на этапах ГГИ и другие направления использования ГИС и веб-технологий (табл. 13; приложение В, табл. В.1).

Таблица 13 – Некоторые перспективные задачи картографического обеспечения геолого-геофизических исследований с использованием ГИС и веб-технологий [112]

Этапы геолого-геофизических исследований	Виды деятельности	
	с использованием ГИС	с использованием веб-технологий
Анализ геолого-геофизической изученности	Сопоставление разнородных пространственных данных об изученности в едином ГИС пространстве	Использование открытых геопорталов геолого-геофизической изученности
Проектирование сети наблюдений	Учет топографических особенностей местности, создание файлов съемочной сети	Применение геосервисов для анализа топографии и землепользования территорий
Полевые работы	Подготовка абрисов местности, оперативное картографическое обеспечение полевых работ	Реализация ежедневного мониторинга полевых работ*
Обработка и интерпретация результатов геофизических наблюдений	Комплексный анализ априорных и первичных геолого-геофизических данных для построения цифровых моделей полей*	Применение облачных технологий для координации работ специалистов*
Составление отчетных материалов	Составление и оформление графических материалов картографического содержания*	Публикация материалов посредством геопорталов*
Накопление и хранение информации	Разработка баз пространственных данных для хранения и использования информации	Обеспечение доступа к данным через геопорталы
* Не выполняемые в массовом порядке (имеются единичные исследования и объективные условия для массового внедрения)		

5.4 Приложение теории и методологии системы картографического обеспечения недропользования

Результаты комплексного анализа особенностей геологоразведочного процесса, состояния и роли картографических работ в выполнении ГГИ позволяют перейти к приложению теоретико-методологических основ системы КО НТД к недропользованию как целевой сфере научно-технической деятельности.

5.4.1 Терминологический аппарат системы картографического обеспечения недропользования

В соответствии с базовым определением под картографическим обеспечением недропользования понимается системный социально ориентированный процесс познания геологического строения недр Земли посредством создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов для принятия решений в области рационального недропользования.

Основная цель картографического обеспечения недропользования – решение прикладных задач ГРР через совокупность цифровых картографических и геоинформационных продуктов, применение полученных знаний для выработки и реализации программы рационального взаимодействия с окружающей средой в ходе ресурсопотребления, воспроизводства минерально-сырьевой базы, охраны, управления и мониторинга недр для долгосрочного развития отечественной экономики.

Основные функции картографического обеспечения недропользования представлены в табл. 14.

Таблица 14 – Основные функции картографического обеспечения недропользования

Функции	Описание
Познавательная	Формирование системы научных представлений и знаний о геологическом строении недр Земли
Модельная	Моделирование характеристик геолого-геофизических объектов, процессов и явлений, влияющих на недропользование
Коммуникативная	Передача информации и знаний о геологическом строении недр Земли через систему цифровых картографических и геоинформационных продуктов
Социальная	Совершенствование подготовки отраслевых специалистов по использованию средств ГИС для решения прикладных задач недропользования и картографов по изучению теоретико-методологических основ ГРР
Пользовательская	Формирование системы требований к конечным видам цифровых картографических продуктов геолого-геофизического назначения, техническим средствам их подготовки и использования
Исполнительская	Формирование и совершенствование теоретико-методологических подходов учета и реализации требований к результату обеспечения. Картографические работы с геолого-геофизическими и общегеографическими пространственными данными

Функции	Описание
Инвентаризационная	Разработка структуры информационно-аналитических и геоинформационных систем хранения геолого-геофизических данных и обеспечение доступа к ним
Управленческая	Разработка цифровых картографических и геоинформационных продуктов для мониторинга, координации, контроля, поддержки принятия пространственных решений и выполнения этапов ГГИ по воспроизводству минерально-сырьевой базы
Методическая	Нормативное регламентирование геологического и геофизического картографирования, картографических работ с пространственными данными, включая разработку методических указаний по использованию ГИС и веб-технологий при подготовке цифровых картографических и геоинформационных продуктов
Техническая	Совершенствование и реализация технических методов, средств подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов для выполнения задач ГРР

Помимо основных задач, картографическое обеспечение недропользования направлено:

– на сохранение стадийности геологоразведочного процесса и цикличности ГГИ посредством создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов в едином геоинформационном пространстве;

– на определение видов цифровых картографических и геоинформационных продуктов, полезных для решения прикладных задач на каждом этапе ГГИ, требований и методов их использования;

– на совершенствование компонентов системы обеспечения и поддержание их на актуальном уровне реализации.

Согласно концептуальной модели картографическое обеспечение недропользования состоит из подсистем: «научно-методологические основы» (*МК*), «источниковедение» (*И*), «кадровый состав» (*КС*), «технические средства» (*ТС*), «результат» (*Р*), которые реализуют базовые компоненты системы КО НТД (рис. 37). Выполненный ранее анализ отечественного опыта данной и смежных сфер деятельности (подразд. 1.2.1, 1.3, 5.1) показал, что ГРР – одна из немногих отраслей, в которой имеет место вся совокупность доступных на сегодня результатов обеспечения (рис. 29). В этой связи целесообразно детально рассмотреть состав других подсистем картографического обеспечения недропользования.

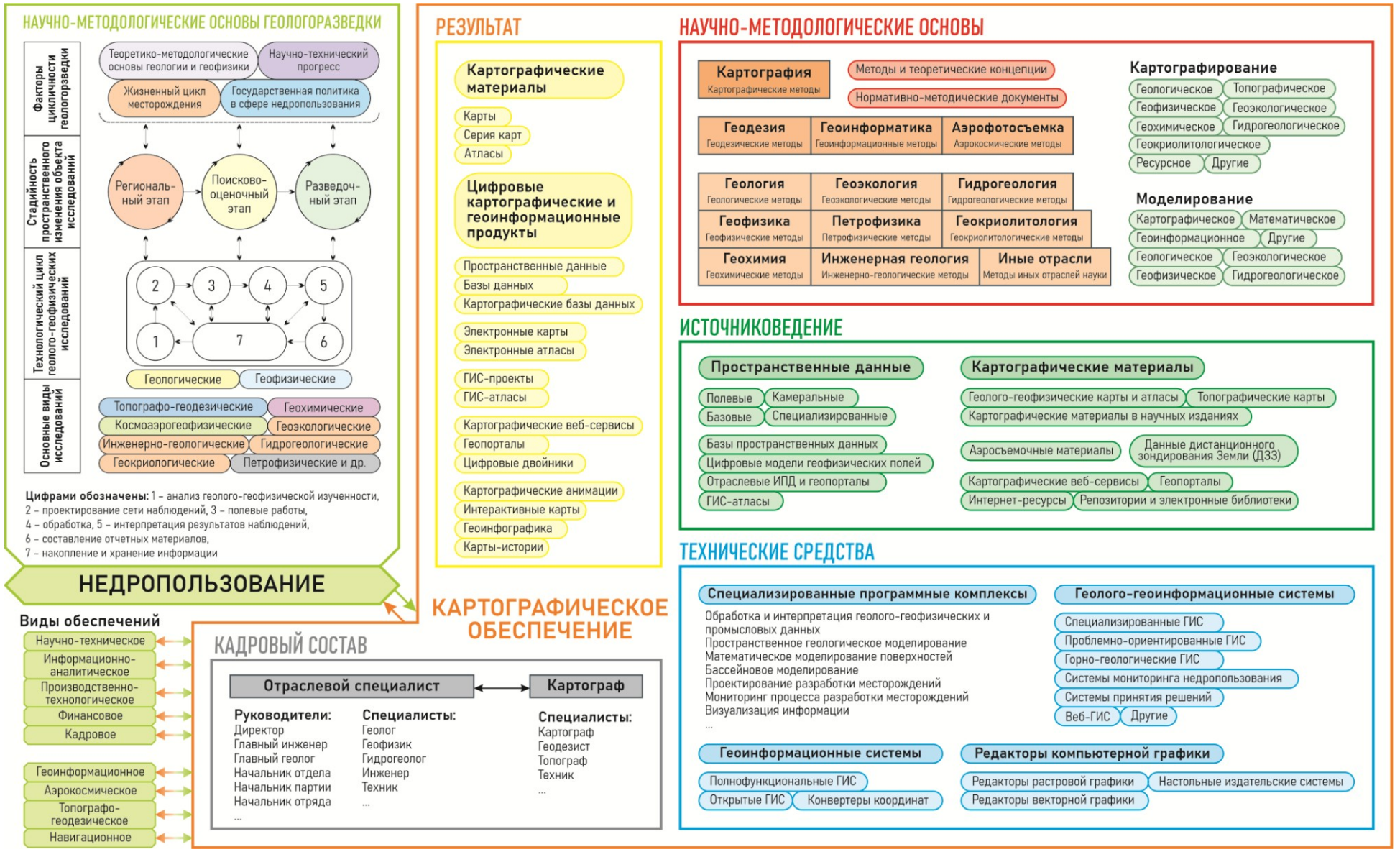


Рисунок 37 – Концептуальная модель «система картографического обеспечения недропользования»

5.4.2 Подсистемы картографического обеспечения недропользования

Подсистема «научно-методологические основы». Согласно составу компонента *МК* (подразд. 3.2.1) в данную подсистему входят:

– методы и теоретические концепции картографии (см. подразд. 2.3.2), геоинформатики и других смежных отраслей науки;

– методы и теоретические концепции геологии, геофизики и других наук, связанных с основными видами исследований ГРР;

– нормативное и методическое регулирование недропользования (см. приложение Б).

Согласно концептуальной модели (рис. 37) система картографического обеспечения недропользования взаимодействует с другими видами обеспечения, что способствует сочетанию в нем элементов научно-технического (совершенствование комплекса общенаучных методов и технологий проведения исследований в ходе ГРР), информационно-аналитического (повышение качества привлекаемой информации, ее сбор, обработка, хранение и распространение) и производственно-технологического обеспечения ГРР (использование продукции наукоемкого приборостроения и программного обеспечения). Финансовое и кадровое обеспечение относится к управленческому сектору ГРР и является фактором взаимодействия субъектов геологоразведочного процесса: государства, недропользователя, подрядных организаций (рис. 38). Структурное ядро системного геологоразведочного процесса обусловливает важную роль геологического, геофизического, геохимического, геоэкологического и других видов картографирования для реализации подсистемы. Особое значение также имеет эволюция семиотических вопросов в отношении карт геологического содержания [123], тесно связанная с исторической основой формирования системы картографического обеспечения недропользования (см. подразд. 5.1) и современной ролью карт как важного «средства мышления, а также средства общения» [175].

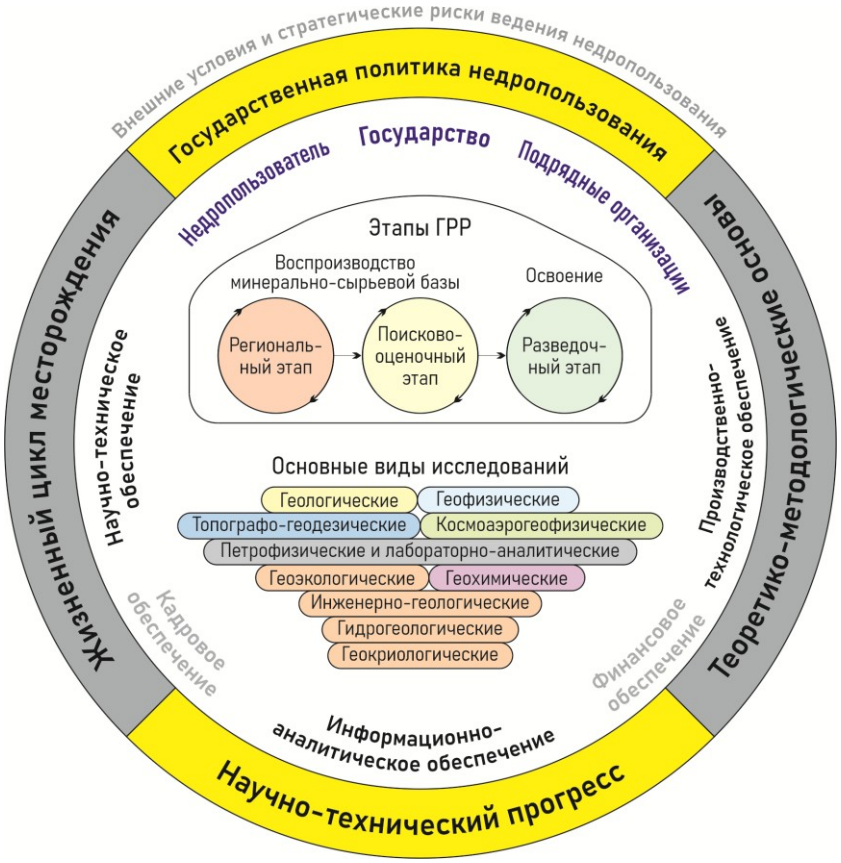


Рисунок 38 – Научно-методологические основы геологоразведочных работ

Подсистема «источниковедение». Компонент *И* представлен в картографическом обеспечении недропользования данной подсистемой. Ее цель – решение вопросов сбора и хранения информации о недрах, которые входят в комплекс работ, связанных с геологическим изучением недр [46]. Для характеристики подсистемы актуальна классификация геологических информационных ресурсов о недрах по способам накопления и формам хранения сведений, представленная в ГОСТ Р 53797-2010 [47].

Цикличность геологоразведочного процесса предполагает использование в качестве информационных ресурсов результатов полевых и камеральных исследований, поэтому оптимальная реализация подсистемы «источниковедение» предусматривает обращение к различным категориям источников на протяжении этапов ГГИ. Так, данные ДЗЗ из космоса, топографические карты привлекаются для сопровождения недропользования и выполнения основных этапов ГГИ, в том числе для проектирования положения скважин, рекомендованных для бурения перспективных объектов по итогам камеральной интерпретации геолого-

геофизических данных. Мелкомасштабные и среднемасштабные топографические карты применяются при анализе географических особенностей и физико-географических условий местности; позволяют оценить потенциальные затраты на выполнение работ с учетом низкой проходимости местности, сезонности, расчлененности рельефа, транспортной доступности, расчетов логистической доставки оборудования. Содержание, особенности доступа и использования таких источников при решении задач ГРР подробно рассмотрены в работе автора [298] на примере электронных топографических карт Российской Федерации, Республики Индия и Республики Колумбия.

В ряде публикаций [88; 124] представлен перечень основных источников пространственных данных картографического обеспечения недропользования в виде цифровых моделей, баз данных и картографических материалов. Перечень может дополняться в зависимости от территории работ, стадии ГРР, вида ГГИ, задач. Следует также уделить внимание источникам, основанным на веб-технологиях. Картографические веб-сервисы и геопорталы геолого-геофизической изученности, ГИС-атласы [297], интернет-ресурсы (в том числе геопорталы с кадастровыми, лесоустроительными материалами и т. д.) выступают как единое окно доступа к данным, необходимым для выполнения ГГИ [112]. Поиск таких источников упрощается с появлением электронных библиотек и репозиториев научных публикаций и картографических материалов [179], а благодаря возможностям передачи данных по OGC-протоколам сведения о месторождениях полезных ископаемых, перспективных геологических структурах и др. могут быть включены в собственные ГИС-проекты и веб-сервисы.

Подсистема «кадровый состав». В общем случае данная подсистема предполагает реализацию двух состояний компонента *КС* в соответствии с нормативно-методическим обеспечением геологоразведочного процесса. Поскольку «геологическое изучение недр и воспроизводство минерально-сырьевой базы во многом представляет собой научно-производственный процесс» [3], в котором осуществляются «управленческие, специальные и обеспечивающие функции» [3], конкретный состав подсистемы зависит от специализации субъекта недропользо-

вания. Тем не менее трудовые отношения и оценка эффективности системы управления персоналом в геологоразведочных организациях, независимо от форм собственности и организационно-правовых форм деятельности, регулируются соответствующим квалификационным справочником, в котором для категорий «руководители» и «специалисты» установлены требования к профессиональным знаниям и квалификации, в том числе в области картографического обеспечения недропользования. Таким образом, системный подход позволяет уточнить состояния компонентов *КС* следующим образом: *ОС* – руководители и специалисты из числа геологов, геофизиков и др.; *К* – специалисты из картографов, геодезистов, топографов, а также геологов, геофизиков и др.

Подсистема «технические средства». ГРР предполагают использование широкого спектра технических средств – от подручных инструментов до геофизического приборостроения и программного обеспечения обработки геофизических данных, средств компьютерного геологического и геоинформационного моделирования [53; 61; 174], которые разрабатываются научно-исследовательскими институтами и коммерческими организациями в рамках государственной политики по «замещению импортного оборудования и услуг отечественными, не уступающими зарубежным аналогам» [167]. В состав данной подсистемы в настоящее время входят СПК, ГИС [56], редакторы компьютерной графики и другие виды программного обеспечения (подразд. 4.1), в разной степени реализующие пользовательский и исполнительский аспекты процесса картографического обеспечения (подразд. 3.3.2).

Под СПК понимается программное обеспечение, в котором отраслевые специалисты выполняют прикладные задачи проектирования сети наблюдений (например, Mesa для сейсморазведки), обработку (CGG Geocluster/Geovation), интерпретацию данных разведки сейсмическими и несейсмическими методами, геологическое моделирование (Schlumberger Petrel, Geosoft Oasis Montaj), математическое моделирование поверхностей (Golden Software Surfer). Подробная оценка зарубежного и отечественного программного обеспечения для этапов ГРР дана в специализированных работах [162; 214].

Отдельным видом СПК являются специализированные, проблемно-ориентированные ГИС (подразд. 1.2.4), в том числе горно-геологические. Указанные программные средства используются специалистами преимущественно на разведочном этапе ГРР, где объектом исследования являются инфраструктура месторождений, система скважин и локальные технологические процессы. Подробная история развития горно-геологических информационных систем представлена в работе Наговицына О. В., Лукичева С. В. [150], примеры программного обеспечения для проектирования буровзрывных работ на открытых горных разработках приведены в статье коллектива авторов [190]. Также к СПК относятся системы принятия решений при поисках и разведке месторождений нефти и газа [189], системы мониторинга недропользования, собственные веб-ГИС для анализа отраслевых данных [291; 330].

5.4.3 Оценка текущей реализации картографического обеспечения недропользования

Конкретизация состава подсистем картографического обеспечения недропользования позволяет перейти к апробации методико-алгоритмического аппарата оценки текущего уровня его реализации (см. подразд. 4.3.2).

В соответствии с этапами методологии базовые эволюционные ряды состояний компонентов *Р*, *И*, *ТС* и *МК* были дополнены частными состояниями, характерными для ГРР (выделены желтым цветом на рис. 39). Полученные ряды используются при построении площадных фигур уровней реализации картографического обеспечения недропользования для периодов развития роли карт (см. подразд. 5.1). Подготовлено шесть графиков $(КО_Т)$, верхняя граница которых соответствует максимальным теоретическим состояниям каждого компонента на начало рассматриваемых периодов (рис. 39). Графики иллюстрируют эволюцию состояний компонентов, в том числе резкий прогресс к началу XXI в. вследствие компьютеризации наук о Земле и появления новых цифровых картографических и геоинформационных продуктов [118].

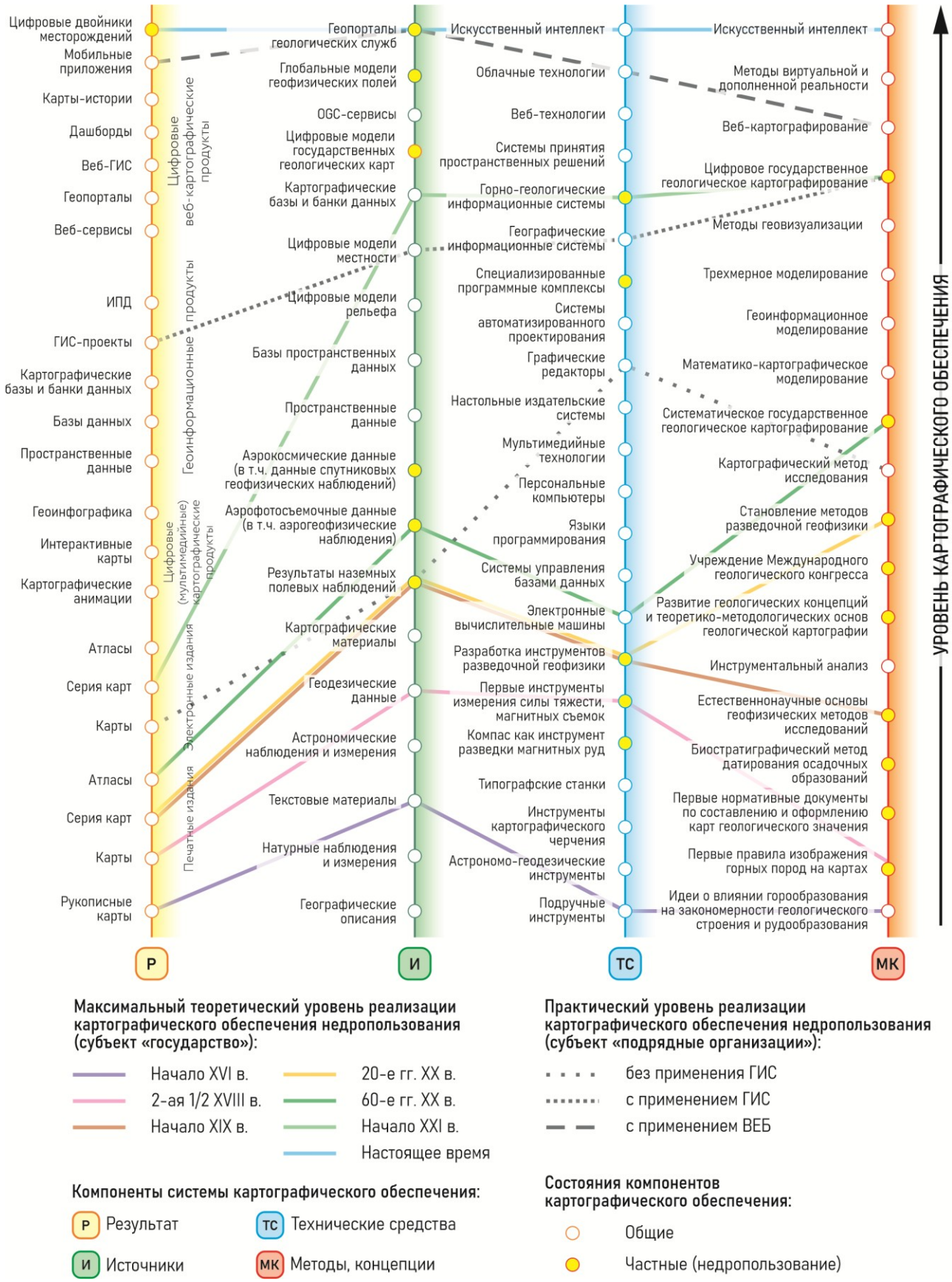


Рисунок 39 – Схема уровня реализации картографического обеспечения недропользования

Отдельно выполнена оценка уровня реализации картографического обеспечения недропользования для настоящего времени. График иллюстрирует максимальный теоретический уровень $(КО_Т)_{н.в.}$, который обусловлен наличием в отрасли разработок в области цифровых двойников объектов недропользования, геопорталов с доступом к геолого-геофизическим данным, применением методов и технологий искусственного интеллекта, в том числе по результатам научно-исследовательских работ организаций государственного сектора. Однако подобные исследования пока носят единичный характер, в связи с чем график не отражает реальную ситуацию картографического обеспечения недропользования среди остальных субъектов геологоразведочного процесса.

Поскольку анализ решений, применяемых в организациях-недропользователях, осложняется конфиденциальностью исследований либо редким представлением отдельных частей на ежегодных отраслевых всероссийских и международных конференциях, целесообразно детализировать оценку уровня практической реализации картографического обеспечения $(КО_П)_{н.в.}$ на примере *среднестатистической подрядной (сервисной) организации*. Выбор обусловлен в первую очередь результатами экспертных оценок структуры отрасли, согласно которым на долю отношений «недропользователь – подрядные организации» в Российской Федерации приходится до 80 % объемов ГРР. Подрядные организации признаются лучшей площадкой для разработки и апробации в производственном процессе новых технологий геофизического приборостроения, компьютерного моделирования и анализа данных [55; 172], поскольку «компании начинают вовлекаться в поиск новых знаний, затем трансформируют их в практические результаты и на основе этого реализуют инновационные проекты» [77].

Построение верхних уровней $(КО_П)_{н.в.}$ выполнено на основе опубликованных исследований (см. подразд. 1.2.4) и многолетнего производственного опыта автора в подрядных организациях, в которых для оказания сервисных услуг недропользователям в разной степени используются ГИС- и веб-технологии. Полученные графики (пунктирные линии на рис. 39) иллюстрируют существенное отставание от $(КО_Т)_{н.в.}$ в организациях, где основной результат картографических

работ состоит исключительно в графических приложениях к геологическим отчетам, построенных в редакторах компьютерной графики. Системное внедрение ГИС и веб-технологий в цифровое картографическое производство подрядных организаций позволяет существенно расширить номенклатуру создаваемых цифровых картографических и геоинформационных продуктов и приблизить уровень $(КО_Т)_{н.в.}$ к актуальному.

5.4.4 Разработка программы модернизации системы картографического обеспечения недропользования

Комплексная модернизация системы картографического обеспечения недропользования предполагает совершенствование состояний ее компонентов для всех субъектов геологоразведочного процесса, однако необходимо принимать во внимание различные информационные потоки, с которыми отраслевые специалисты сталкиваются в принятии повседневных решений и реализации приоритетных направлений развития недропользования. С учетом результатов оценки текущего уровня реализации (см. подразд. 5.4.3) предлагается разработать *программу модернизации картографического обеспечения недропользо*вания (далее – Программа) на примере среднестатистической подрядной организации, выполняющей полевые и камеральные геолого-геофизические и иные виды исследований на региональном и поисково-оценочном этапе ГРР (рис. 40). Методологическую основу Программы, нацеленной на совершенствование текущих и разработку новых технологических решений использования ГИС- и веб-технологий в картографическом обеспечении недропользования, составляют типовая схема процесса КО НТД (см. рис. 28) и технологическая схема единой подготовки ГИС-проектов и картографических веб-сервисов (см. рис. 24) как наиболее востребованных в настоящее время в цифровом картографическом производстве ГРР видов результатов.

В основные вопросы Программы входят:

– методическая подготовка единого геоинформационного пространства технологических этапов ГГИ;

– совершенствование принципов разработки структуры БПД геолого-геофизического назначения;

– формирование структуры и содержания ГИС-проекта как рабочего пространства, хранилища данных, средства работы и пункта доступа к данным для картографа и отраслевого специалиста;

– совершенствование технико-методических вопросов создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов при выполнении полевой и камеральной фазы ГГИ на этапах ГРР;

– разработка методических вопросов веб-картографического доступа к пространственным данным архива изученности территории работами подрядной организацией для системного хранения и многократного использования при выполнении новых этапов ГРР.

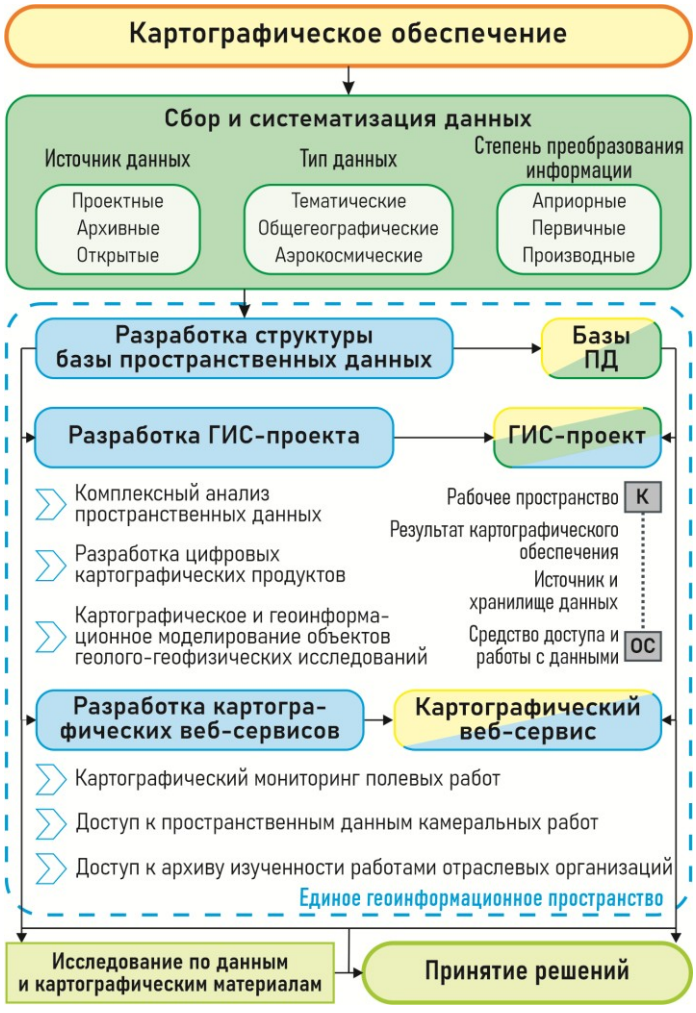


Рисунок 40 – Программа модернизации картографического обеспечения недропользования

В последующих разделах 6 и 7 рассматривается реализация Программы. В табл. 15 дана характеристика прикладных задач ГРР, выбранных для апробации теоретико-методологических основ системы картографического обеспечения недропользования в соответствии с результатами анализа перспективных направлений цифровизации геологоразведочного процесса и востребованности картографических работ. В числе сведений описание задачи, территории, этапов ГРР и ГГИ, привлекаемых состояний компонентов системы обеспечения, выбор которых основан на соответствующих методико-алгоритмических продуктах (подразд. 4.1.4, 4.2.2, 4.2.3), а также инструментов принятия решений и эффектов, полученных в ходе обеспечения.

Таблица 15 – Характеристика разработанных технологических решений картографического обеспечения недропользования

Территория работ	Этап ГРР. Этап ГГИ	Компоненты системы КО недропользования				Инструменты принятия решений. Полученный эффект
		И	ТС	МК	Р	
1	2	3	4	5	6	7
Организация единого геоинформационного пространства для картографического обеспечения этапов ГРР (подразд. 6.1.1, 6.1.2) [121]						
Территория работ подрядной организации (РФ и страны мира)	Все этапы ГРР. Все этапы ГГИ	Геолого-геофизические данные. Общегеографические и геолого-геофизические пространственные данные	ГИС	Методы геоинформатики	База пространственных данных. ГИС-проект	Методические решения по разработке структуры базы пространственных данных и ГИС-проекта. Создание единого геоинформационного пространства для решения прикладных задач ГРР
Комплексный анализ пространственных данных для верификации положения проектной сети геофизических наблюдений (подразд. 6.1.3) [115]						
Осадочные бассейны (Республика Индия)	Региональный. Обработка и интерпретация результатов наблюдений	Сейсморазведочные данные. Топографические карты. Геологические карты. Данные ДЗЗ из космоса	ГИС. СПК	Геолого-геофизические методы исследований. Визуальный и пространственный анализ. Математическая картография	Пространственные данные проектной сети геофизических наблюдений. Уточненные данные геологического строения осадочного бассейна	Единое геоинформационное пространство. Реализация Национальной сейсмической программы Республики Индия; рекомендации по проектированию новой сети геофизических наблюдений в пределах осадочного бассейна
Автоматизация процессов цифрового картографического производства геофизических карт (подразд. 6.2.2) [126]						
Территория работ подрядной организации (РФ и страны мира)	Региональный; поисковый. Создание отчетных материалов	Цифровые модели геофизических полей. Тематические пространственные данные	ГИС. СПК. Python	Геоинформационное картографирование. Программирование. Картографический дизайн	Программные модули для ArcGIS на языке Python. Графические приложения к геологическим отчетам	Технологические и программные решения автоматизации создания цифровых карт геолого-геофизического содержания. Оптимизация цифрового картографического производства

Таблица 15 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
Подготовка комплекта средне-мелкомасштабных прогнозно-минерагенических карт на твердые полезные ископаемые (подразд. 6.2.3) [123]						
Байкало-Амурская группа металлогенических провинций	Региональный. Интерпретация результатов наблюдений; создание отчетных материалов	Результаты многомерной интерпретации геофизических данных. Цифровые комплекты государственных геологических карт	ГИС	Геологическое и геоинформационное картографирование. Теория многомерной интерпретации геофизических данных	ГИС-проекты. Цифровые модели, макеты прогнозно-минерагенических карт масштаба 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000	Технологическая схема разработки геолого-картографических и прогнозно-минерагенических моделей по выявлению и оценке ресурсного потенциала России. Рекомендации по проведению первоочередных работ для обнаружения потенциальных промышленных объектов медно-порфировой формации
Оценка перспектив нефтегазоносности акваторий Мирового океана (подразд. 6.3.1) [109]						
Западная континентальная окраина вулканического шельфа Аравийского моря. Андаманский глубоководный осадочный бассейн	Региональный. Интерпретация результатов наблюдений	Данные ДЗЗ из космоса, морской сейсморазведки. Батиметрические, метеорологические, геологические карты. Данные о судоходстве	ГИС. СПК	Основы визуального дешифрирования данных ДЗЗ из космоса. Анализ сейсморазведочных данных	Карта перспективных зон распространения нефтепроявлений минерального происхождения	Технологические решения относительно оценки перспектив нефтегазоносности акваторий по данным ДЗЗ из космоса и морской сейсморазведки. Реализация программ Республики Индия по исследованиям исключительной экономической зоны восточного и западного побережья полуострова Индостан; рекомендации по проведению детальных ГРР, геохимической и высокоточной батиметрической съемки
Оценка геологических рисков слабоизученных территорий и акваторий на разных этапах ГРР [106]						
Сухопутные и морские районы с разным уровнем геолого-геофизической изученности (РФ, Индия)	Региональный; поисково-оценочный. Интерпретация результатов наблюдений	Геологические и геофизические карты и пространственные данные	ГИС	Картографическое и геоинформационное моделирование. Теория риск-анализа в геологии	Карта районирования территории/акватории по уровню геологических рисков	Технологическая схема создания интегральной карты районирования геологических рисков и рекомендаций по проведению этапов ГРР. Рекомендации по проведению детальных ГРР; совершенствование технико-методических вопросов использования ГИС-технологий в риск-анализе

Таблица 15 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
Организация системы архива обобщенного уровня изученности и ее перевод в единое геоинформационное пространство (подразд. 6.3.2) [107; 110]						
Территория работ подрядной организации (РФ и страны мира)	Все этапы ГРР. Анализ геолого-геофизической изученности; накопление и хранение информации	Каталоги координат. Текстовые документы. Пространственные данные геолого-геофизической изученности	ГИС	Геоинформационное моделирование. Методы хранения геолого-геофизических данных	Массив пространственных данных геолого-геофизической изученности. Производная цифровая картографическая продукция	Технологическое решение по подготовке пространственных данных архива изученности территории ГРР подрядной организации. Система архива изученности территории работами подрядной организации
Создание и обновление цифровых моделей местности участков недр [105]						
Лицензионный участок недр (Амурская область, РФ)	Поисково-оценочный. Проектирование сети наблюдений; создание отчетных материалов	Цифровые топографические карты открытого пользования. Данные ДЗЗ из космоса	ГИС	Геоинформационное моделирование	Цифровая модель местности. Цифровая модель рельефа	Технологическая схема создания и обновления цифровой модели местности участка недр. Цифровое моделирование местности для проектирования подземного хранилища газа
Формализация принятия решений по включению геофизических карт в структуру комплексных атласов [134; 220; 296]						
Субъекты Российской Федерации	Региональный. Анализ геолого-геофизической изученности; накопление и хранение информации	Карты, атласы, цифровые модели рельефа и геофизических полей, открытые геолого-геофизические данные, геопорталы, ГИС-атласы	ГИС	Картографический метод исследования. Методы оверлейного анализа. Многокомпонентный анализ факторов	Карты факторов, влияющих на включение геофизического раздела в атлас	Методика формализации учета факторов по включению геофизических карт в атлас. Автоматизация некоторых процессов атласного картографирования

Таблица 15 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
Оперативный доступ к ежедневной отчетной информации о выполнения этапов полевых работ и ее анализ (подразд. 7.1) [116; 122; 128; 129]						
Территория работ подрядной организации (РФ и страны мира)	Региональный; поисково-оценочный. Полевые работы	Каталоги координат. Топографические карты. Данные ДЗЗ из космоса. ГИС-проект	Открытое программное обеспечение. Веб-технологии. Система управления базами данных (СУБД)	Веб-картография. UX/UI-дизайн	Картографический веб-сервис	Концептуальная модель картографического мониторинга полевых геофизических исследований; технологические схемы подготовки и взаимодействий подсистем. Своевременное выполнение полевой фазы ГГИ; оптимизация работы полевых топографо-геодезических отрядов
Оперативный доступ к информации для выполнения камеральных работ (подразд. 7.2) [120; 299]						
Территория работ подрядной организации (РФ и страны мира)	Региональный; поисково-оценочный. Анализ геолого-геофизической изученности; обработка и интерпретация результатов наблюдений	ГИС-проект. Геологические и геофизические карты. Пространственные данные. OGC-сервисы. Топографические карты. Данные ДЗЗ из космоса	Открытое программное обеспечение. Веб-технологии. СУБД. JavaScript-библиотека Leaflet	Веб-картография. UX/UI-дизайн	Картографический веб-сервис. Программный модуль ввода данных о стадийности обработки сейсморазведочных данных	Научно-методические основы подготовки структуры окна взаимодействия веб-сервиса и веб-картографических изображений; технологические решения по созданию веб-сервисов картографического обеспечения камеральных работ. Своевременное выполнение камеральной фазы ГГИ; оптимизация работы картографов и отраслевых специалистов
Организация доступа к архиву геолого-геофизической изученности территории работами организацией (подразд. 7.3) [111; 117]						
Территория работ подрядной организации (РФ и страны мира)	Все этапы ГРР. Анализ геолого-геофизической изученности; накопление и хранение информации	Архив изученности. Массив пространственных данных архива изученности. ГИС-проект	Открытое программное обеспечение. Веб-технологии. СУБД. JavaScript-библиотека Leaflet	Веб-картография. UX/UI-дизайн. Методы хранения геолого-геофизических данных	Картографический веб-сервис. Программные модули загрузки и экспорта пространственных данных в форматах KML, KMZ	Технологическое решение по подготовке веб-сервиса архива изученности территории работами организации. Продление жизненного цикла результатов ГГИ при выполнении новых ГРР

Выводы по пятому разделу

Итоги пятого раздела включают следующие положения:

1) установлена потребность в системных решениях в области картографии и геоинформатики в рамках реализации государственных программ недропользования для цифровизации и информатизации геологоразведочной отрасли, которая представляет собой научно-методическую, нормативно-правовую и технологическую систему взаимодействия государства, недропользователя, подрядных организаций, обеспечивающую стадийное геологическое изучение недр с помощью проведения геолого-геофизических и иных видов исследований;

2) выявлен комплекс исторических, научных и производственных основ для пересмотра текущей роли картографических работ как вспомогательного элемента ТГО ГРР и их выделения в самостоятельный вид обеспечения с последующим формированием теоретико-методологических основ системы картографического обеспечения недропользования;

3) разработанный терминологический аппарат и состав подсистем картографического обеспечения недропользования позволяют реализовать системный подход к организации *единого картографического обеспечения* полевой и камеральной фазы ГГИ. Выявлена необходимость системного внедрения ГИС- и веб-технологий в цифровое картографическое производство подрядных организаций – субъектов геологоразведочного процесса с наибольшей долей выполняемых объемов ГРР и наиболее адаптируемых к внедрению новых технологий при реализации приоритетных программ развития недропользования. Подготовленная Программа направлена на совершенствование текущих и разработку уникальных методических и технологических решений по использованию ГИС- и веб-технологий при выполнении этапов ГГИ и ГРР.

6 ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

6.1 Методическая подготовка единого геоинформационного пространства технологических этапов геолого-геофизических исследований

6.1.1 Разработка структуры базы пространственных данных

Организация единого геоинформационного пространства как связующего звена технологической схемы единой подготовки ГИС-проектов и картографических веб-сервисов (рис. 24) основана на базах пространственных и геолого-геофизических данных – геоинформационных продуктах, реализация которых не зависит от применяемого программного обеспечения. Вопросам разработки структуры баз данных уделяется достаточно внимания в многочисленных исследованиях в области геоинформационного обеспечения недропользования (см. подразд. 1.2.4). Выделяются два основных подхода:

1) СУБД-ориентированный подход [99; 245] предусматривает создание баз данных в виде статичного хранилища файлов табличных, текстовых, графических и других форматов. Доступ к базе выполняется через специальные программы, которые либо работают автономно, либо подключаются к уже существующим системам управления базами данных (СУБД). Пространственная визуализация не предполагается;

2) геоинформационный – предусматривает применение технологий ГИС для создания баз данных и визуализации их содержимого. Данные физически хранятся в каталогах, а доступ к ним обеспечивается через ГИС-проекты, собственные программы на основе СУБД и ГИС [57; 62; 181], технологии веб-картографирования [154; 245], в том числе по реляционными ссылкам на пространственные объекты [70; 242].

Каждый подход обладает уникальными характеристиками, преимущества которых определяются в контексте решаемой задачи. Однако также признается

необходимость их комплексирования для хранения картографической и геологической информации [38].

При формировании единых условий реализации картографического обеспечения недропользования оптимально использование баз данных ГИС – «совокупности данных некоторой предметной области, структурированных и организованных по правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и управления данными» [44]. Однако наблюдается несистемность не только разработки структуры, но и наименования базы данных как таковой. Например, вследствие массового распространения технологий ArcGIS в отрасли закрепился термин «база геоданных», относящийся к формату *.gdb. Тем не менее такие БПД являются основой для выполнения большинства картографических задач с широким спектром пространственных данных, привлекаемых для решения прикладных задач ГГИ [1].

При выполнении задач ГРР используются различные виды источников пространственных данных. При создании БПД для картографического обеспечения недропользования практический интерес представляет классификация данных по степени преобразования информации [121]:

1) априорные – данные, характеризующие среду, в которой производятся геофизические наблюдения (геологическая, геофизическая, топографическая изученность), а также ранее обобщенная информация о распределении геофизических полей на территории работ (изданные карты, текстовые отчеты и др.);

2) первичные – сведения о системе наблюдений на объекте исследования (местоположении проектных и фактических пунктов геофизических наблюдений (ПГН), контуре работ) и их результатах (зарегистрированных необработанных параметрах геофизических полей);

3) производные – результаты моделирования геологической среды, геофизических полей с учетом априорных и первичных данных (цифровые модели геофизических полей и их параметров (карты изохрон, аномалий геофизических полей, структурные карты и др.), геологические разрезы и др.).

Функциональное назначение пространственных данных изменяется в зависимости от этапа и условий проведения ГРР. Например, производная информация с этапов полевой фазы ГГИ становится первичной при камеральной обработке и интерпретации данных; результаты моделирования геологической среды на локальном участке становятся первичными данными для камеральной фазы ГГИ на региональных участках, и т. д. При этом априорные данные используются на всех этапах проведения ГГИ – от анализа изученности территории работ до накопления и хранения информации. В этой связи оптимальный состав БПД, учитывающий специфику этапов ГГИ, содержит следующие блоки данных: а) геолого-геофизическая, б) топографическая изученность территории работ, в) объекты съемочной сети, г) результаты обработки и интерпретации данных.

Предлагаемая структура БПД (приложение Г) может быть дополнена новыми блоками, в том числе по результатам очередного этапа ГГИ. При аккумулировании сведений также важно учитывать использование геолого-геофизических данных, хранение которых осуществляется в специализированных форматах с особыми требованиями к составу атрибутивной информации. Такие данные предпочтительно размещать в отдельных каталогах (рис. 41). Связующим звеном таких информационных блоков служат *геообразы*, под которыми в настоящем исследовании понимаются *пространственные объекты*, характеризующие географическое положение ассоциированных с ними единиц хранения информации текстового, графического и другого специализированного формата. Так, через слой пространственных данных с местоположением устьев скважин может быть настроен доступ к каталогу скважинных данных, которые не могут быть напрямую загружены и/или открыты средствами полнофункциональных ГИС (за исключением специализированных ГИС, таких как ГИС INTEGRO). Подробно вопросы геоинформационного моделирования геообразов рассмотрены в подразд. 6.3.2.

Таким образом, предлагаемая структура БПД позволяет аккумулировать пространственную и тематическую часть данных как в исходных, не относящихся напрямую к ГИС-технологиям (например, скважинные данные), так и в геоинформационных форматах вне зависимости от программного обеспечения.

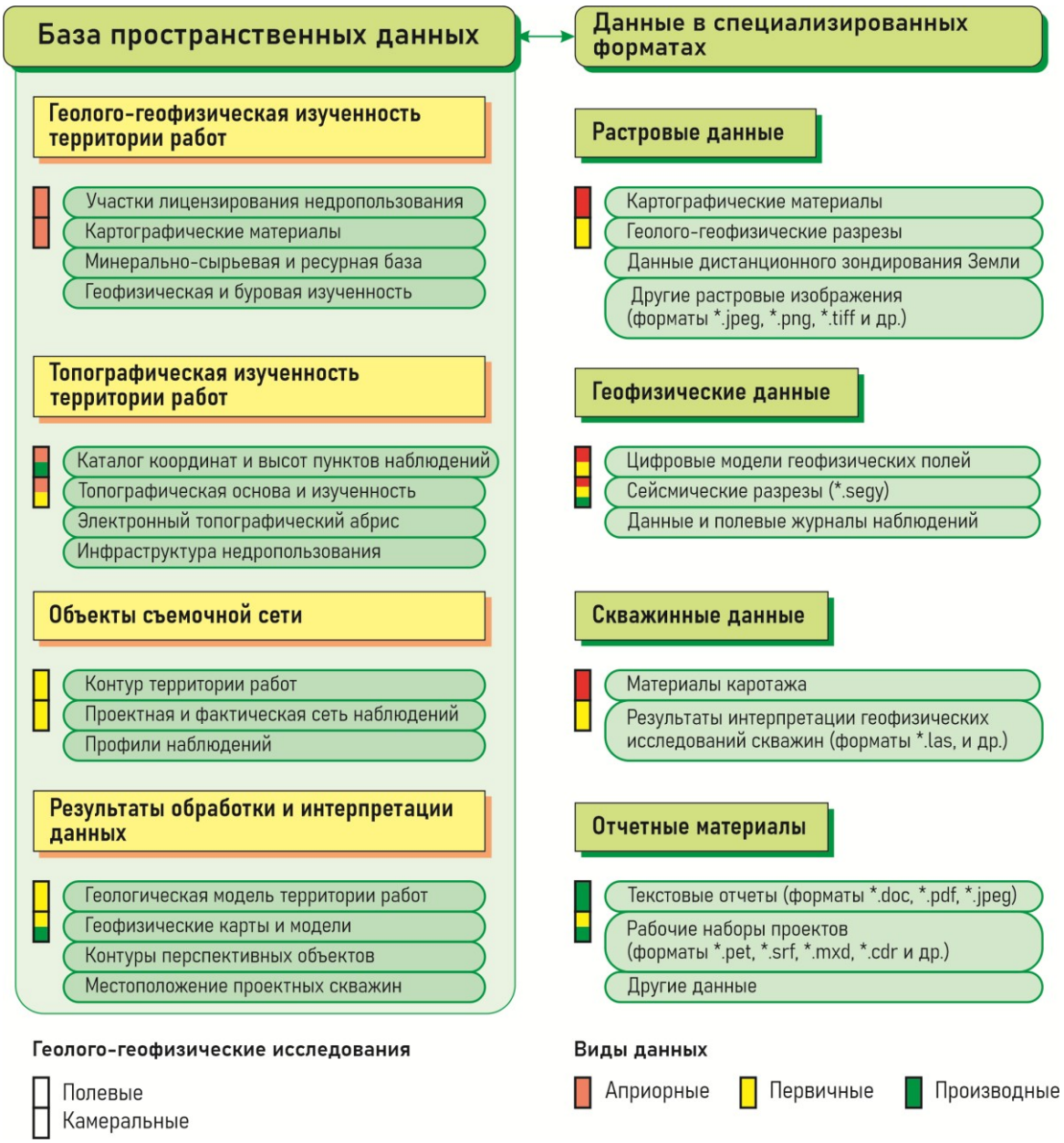


Рисунок 41 – Схема структуры БПД для выполнения ГГИ

6.1.2 Разработка структуры и содержания ГИС-проектов картографического обеспечения геологоразведочных работ

Системный подход к разработке структуры БПД способствует организации единого цикла ГГИ и принятия решений вне зависимости от этапа ГРР. Однако для использования БПД необходим интерфейс, обеспечивающий доступ и взаимодействие с данными. Одним из таких решений является *ГИС-проект* – инструмент ГИС для взаимодействия с рабочими наборами данных, структурированными в виде картографических слоев в зависимости от целей и назначения проекта.

Вопросы разработки и использования ГИС-проектов рассматриваются во многих исследованиях (см. подразд. 1.3) с позиций геоинформационного обеспечения и реализации проблемно-ориентированных ГИС [95; 137]. Между тем ГИС-проект обеспечивает выполнение технических стадий обеспечения (рис. 24) в соответствии с методологическим аппаратом системы КО НТД (рис. 21, 28). При подготовке ГИС-проекта *картограф* изначально выступает в роли администратора, осуществляющего предварительный поиск и систематизацию пространственных данных и иных информационных ресурсов в соответствии с заданными категориями (рис. 41), в том числе с учетом требований *отраслевого специалиста* [108]. Первичными данными служат сведения о координатах территории работ из сопроводительной документации (техническое и/или геологическое задание). Далее в ГИС-проект добавляются сведения из файлов специализированных форматов о пространственном расположении сети ПГН. Например, для сейсморазведки – файлы позиционирования пунктов возбуждения и приема сейсмических колебаний (*.sps), общих глубинных точек, сетка сейсмического 3D-куба (*.dat, *.bln), а также координатная привязка скважин из файлов скважинных исследований (*.las) и др. [112]. Завершающий этап первичного формирования информационного содержания ГИС-проекта – добавление сведений о геолого-геофизической и топографической изученности территории работ.

Подготовленный ГИС-проект публикуется в общем доступе для снабжения *отраслевых специалистов* (геологов, геофизиков) данными на всем протяжении ГРР. Далее имеют место следующие сценарии:

– *картограф* использует ГИС-проект для картографической визуализации и публикации вновь поступающих пространственных данных; выполняет картометрические операции, картографическое и геоинформационное моделирование геолого-геофизических явлений, выгрузку данных в форматах, совместимых с СПК, и т. д.; обращается к данным при подготовке промежуточных и отчетных графических материалов;

– *отраслевой специалист* использует ГИС-проект для ознакомления с собранной информацией, дополняющей имеющиеся в СПК данные; при наличии на-

выков работы в ГИС самостоятельно готовит первичные картографические изображения на основе информационных слоев ГИС-проекта, выполняет геообработку данных, в том числе геопривязку растровых изображений, геоинформационное моделирование.

Содержание ГИС-проектов в ходе ГРР пополняется новыми данными. Например, для изучения геологического строения территории работ привлекаются дополнительные карты и схемы, в том числе официально утвержденные и содержащиеся в научной литературе. Обработку этих данных осуществляет *картограф* посредством геопривязки изображений в ГИС-проекте по картографической сетке или по топографическим объектам. При необходимости объекты с таких карт векторизуются, и на их основе составляются авторские производные карты. На финальных стадиях ГРР в ГИС-проект вносятся результаты обработки и интерпретации геолого-геофизических данных: цифровые модели геофизических полей, границы перспективных объектов, устья рекомендованных к бурению скважин и др. (рис. 42). Это позволяет использовать ГИС-проект для подготовки картографических произведений согласно действующим нормативным документам непосредственно в ГИС.

Таким образом, ГИС-проект в картографическом обеспечении недропользования одновременно выступает в качестве:

1) результата – цифрового картографического продукта, обеспечивающего доступ *отраслевому специалисту* к накопленным данным и последующее их использование;

2) технического средства – рабочего пространства *картографа* для систематизации, использования, публикации пространственных данных, подготовки цифровых картографических продуктов и картографических произведений;

3) источника данных – формы хранения накопленных сведений о территории работ.

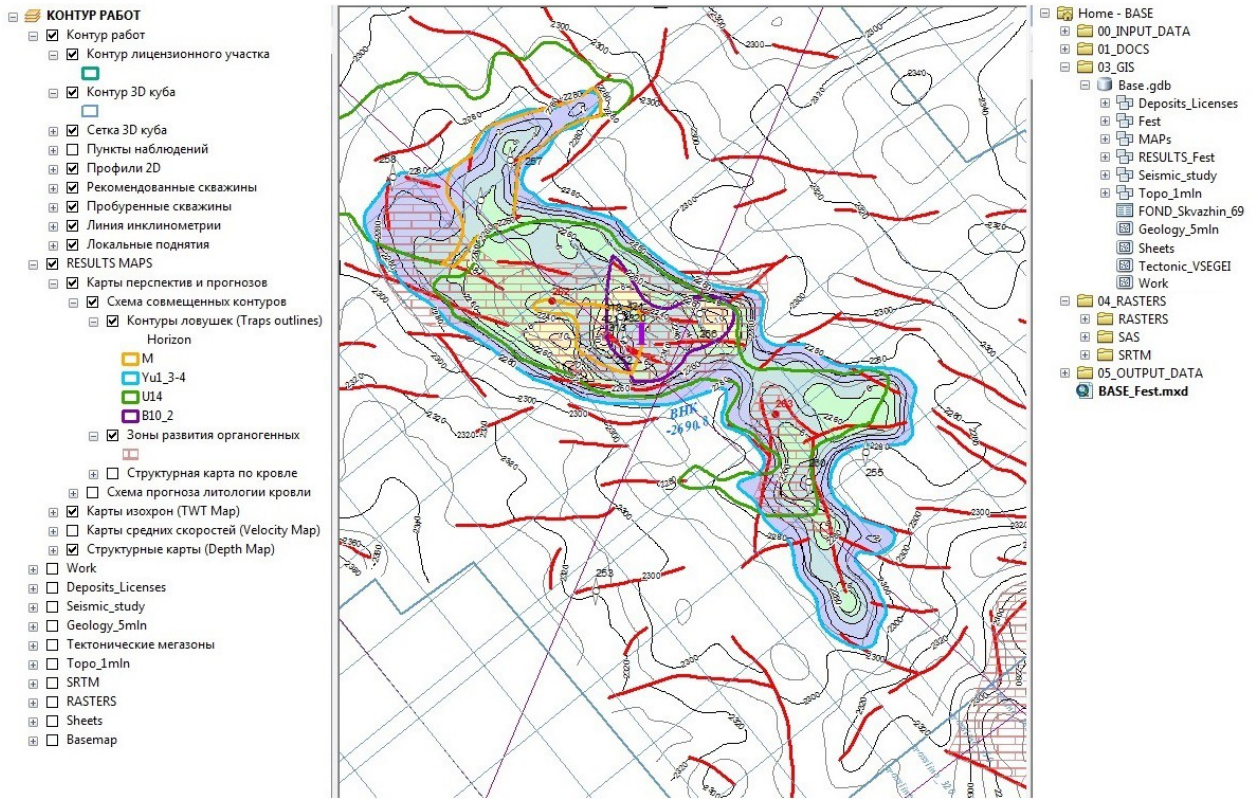


Рисунок 42 – Пример структуры ГИС-проекта (формат *.mxd), БПД и картографической визуализации слоев производных геолого-геофизических данных

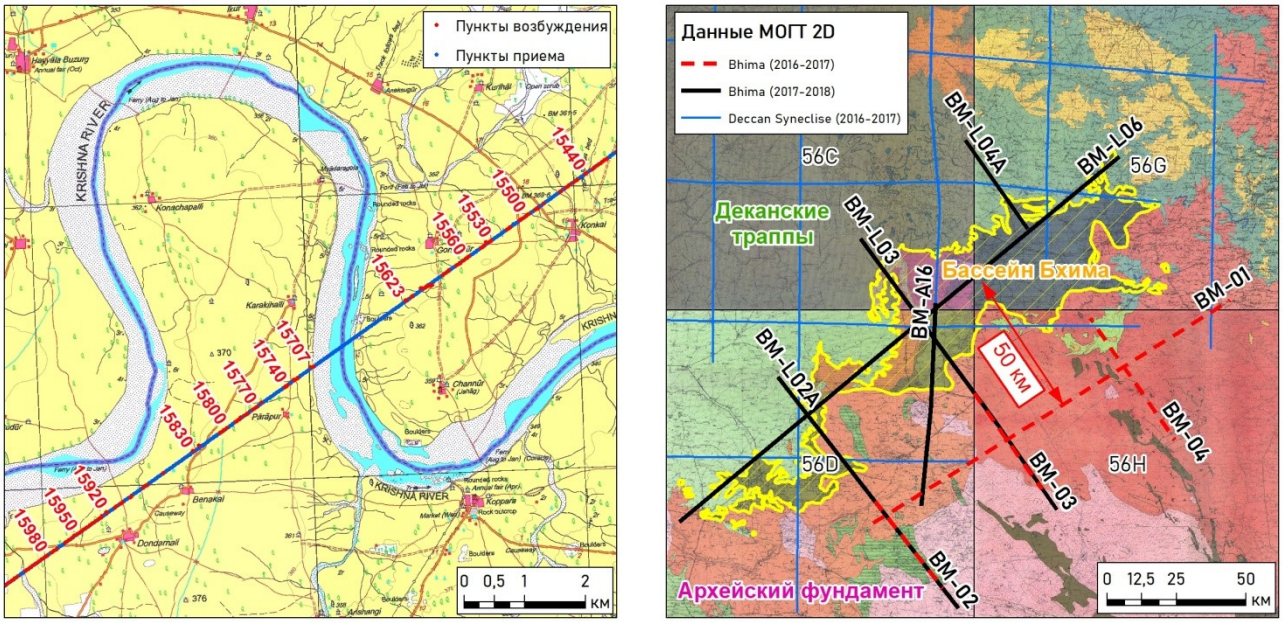
Апробация предложенных методических решений подготовки БПД и ГИС-проектов выполнена в рамках картографического обеспечения хозяйственно-договорных работ по комплексной обработке и интерпретации геолого-геофизических данных на территории Российской Федерации между подрядными организациями и организациями-недропользователями (приложение Д). С помощью ГИС-проектов специалистам была предоставлена возможность сопоставлять между собой многочисленные данные, учитывать априорную информацию о геологическом строении территории работ, которую нельзя получить только средствами СПК [121]. Подготовленные ГИС-проекты позволили исключить дублирование информации, упорядочить работу в пределах структурных единиц подрядных организаций. Системная организация работы с пространственными данными способствовала своевременному выполнению полевых и камеральных ГГИ в регионах с различными климатическими условиями и транспортной доступностью. Об универсальности предложенных решений свидетельствует опыт иных организаций [74].

6.1.3 Комплексный анализ пространственных данных при реализации государственных программ недропользования

Методологические решения системного процесса картографического обеспечения апробированы в ходе реализации государственных программ недропользования, в том числе Национальной сейсмической программы Республики Индия (National Seismic Program). Она была запущена в 2016 г. Министерством нефти и природного газа Индии с целью сократить импорт энергоносителей и повысить геолого-геофизическую изученность территории [281]. В 2016–2021 гг. автором осуществлялось картографическое обеспечение обработки и интерпретации сейсморазведочных данных, полученных методом общей глубинной точки двумерной модификации (далее – МОГТ 2D) на восьми сухопутных (Cambay, Kutch, Saurashtra, Vindhyan, Deccan Syneclise, Bhima, Kaladgi, Pranhita-Godavari) и семи морских (Kutch, Saurashtra, Kerala-Konkan, Mannar, Andaman, Bengal, Krishna-Godavari) осадочных бассейнах с различной степенью зрелости углеводородных ресурсов. Формирование, ведение БПД, предоставление доступа к данным геологам и геофизикам посредством ГИС-проекта позволили организовать оперативный сбор, обработку и комплексное использование различных источников топографических, геологических и геофизических данных [115].

Реализация единого геоинформационного пространства в рамках системного картографического обеспечения Национальной сейсмической программы Республики Индия содействовала обнаружению ошибок проектирования исходной сети полевых сейсморазведочных работ МОГТ 2D в районе одного из изучаемых осадочных бассейнов Бхима (Bhima), на территории которого в 2016–2017 гг. были выполнены полевые сейсморазведочные работы МОГТ 2D по четырем профилям в объеме 255 пог. км. При сопоставлении положения ПГН с топографическими картами Open Series Map масштаба 1 : 50 000 и геологическими картами масштаба 1 : 250 000 (рис. 43) было обнаружено несоответствие локализации результатов сейсморазведочных работ ожидаемой геологической обстановке: данные располагались в 50 км к юго-востоку от искомой границы обнажений осадочных

пород формации Бхима и относились к зоне архейского гранитогнейсового фундамента. Предварительная интерпретация обработанных сейсмических разрезов также подтвердила отсутствие осадочных пород вдоль переданных данных [115], в связи с чем было рекомендовано внесение корректив в программу сейсморазведочных работ на следующий полевой сезон.



а) *б)*

Рисунок 43 – Системное картографическое обеспечение Национальной сейсмической программы Республики Индия: *а)* сопоставление положения ПГН с топографическими картами Open Series Map масштаба 1 : 50 000; *б)* система сейсмических профилей на территории осадочного бассейна Бхима (листы геологических карт масштаба 1 : 250 000 Геологической службы Индии)

По результатам интерпретации новых сейсморазведочных данных, полученных в 2017–2018 гг. в пределах истинных границ осадочного бассейна Бхима, был выявлен перспективный объект в виде рифового наращивания. Предложены проведение сейсморазведочных работ трехмерной модификации (далее – МОГТ 3D) и параметрическое бурение [115]; проектирование и расчет площади перспективной зоны были выполнены в ГИС. В 2025 г. в рамках государственной программы Mission Anveshan в указанной зоне выполнены новые полевые сейсморазведочные работы МОГТ 2D.

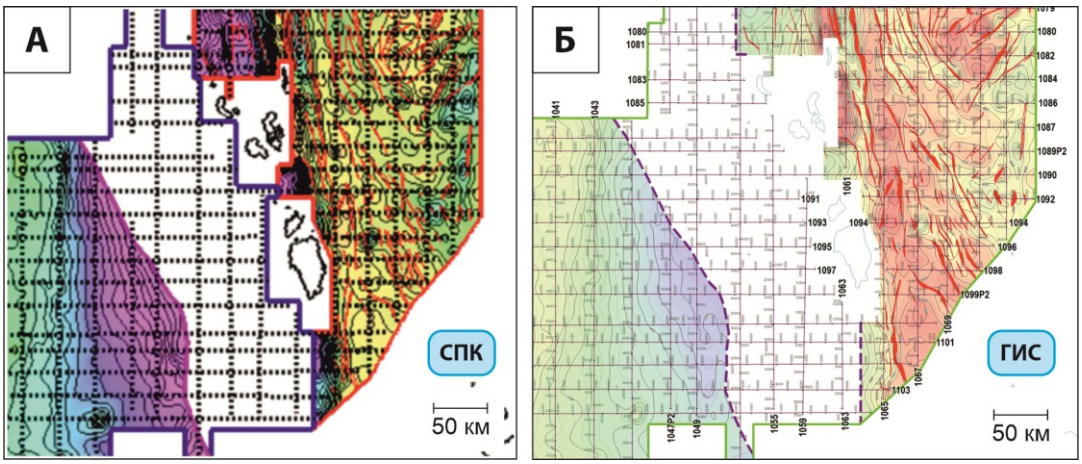
Таким образом, системное картографическое обеспечение способствовало реализации плановых объемов Национальной сейсмической программы Республики Индия и снабжению дальнейших исследований земной коры и осадочного чехла Восточно-Дхарварского кратона качественными сейсморазведочными данными.

6.2 Совершенствование технико-методических вопросов цифрового геолого-геофизического картографирования

6.2.1 Технические аспекты разработки элементов содержания цифровых карт геофизических полей

Составление карт геолого-геофизического содержания в настоящее время предполагает активное использование ГИС картографом [123; 252; 259]. Современное программное обеспечение позволяет создавать цифровые карты геофизических полей как непосредственно картографам, так и отраслевым специалистам. В первом случае осуществляется подготовка качественных картографических материалов, в том числе в составе отчетной документации, а во втором карты являются частью процесса геовизуализации [309], необходимы для проведения исследований и принятия прикладных решений и к их оформлению предъявляются меньшие требования (рис. 44). В основе таких карт сведения о пространственно-временно́м распределении геофизических полей и их параметров в виде цифровых моделей геофизических полей (далее – ЦМГП), а также элементы геолого-геофизической и буровой изученности.

В соответствии с методологическим принципом системного КО НТД создание цифровых карт предполагает различные сценарии взаимодействия СПК и ГИС (подразд. 4.1.2), конкретизация которых для обеспечения недропользования представлена в табл. 16.



а) *б)*

Рисунок 44 – Фрагмент структурной карты сейсмического горизонта: *а)* экспресс-визуализация в программе геологического моделирования; *б)* визуализация в ГИС

Из табл. 16 следует, что наибольшие различия в качестве итоговых картографических материалов формируются на этапах картографической визуализации ЦМГП, а именно при создании изолиний, послойной окраски интервалов между ними, надписей объектов.

Таблица 16 – Характеристика сценариев использования программного обеспечения при создании цифровых геофизических карт [126]

Показатели	Сценарии использования программного обеспечения				
	I.1	I.2	II	III	IV
Примеры задач	Полевой контроль результатов ГГИ	Камеральный контроль подбора параметров обработки и интерполяции геофизических данных при моделировании полей	Подготовка карт для различных отчетных документов: оформление отчетов, актов о наблюдениях полей и др.	Камеральное моделирование геофизических полей по комплексу данных	Создание геофизических карт по результатам комплексного моделирования геолого-геофизической информации. Подготовка графических приложений к геологическим отчетам
Обработка данных и создание ЦМГП	Базовая обработка минимального количества данных и подготовка ЦМГП стандартными методами интерполяции			Комплексная обработка большого количества данных и подготовка ЦМГП расширенными методами интерполяции	
Формат итоговых карт	Предварительные карты; визуализация на экране или в виде растровых изображений		Отчетные карты, презентационные материалы; растровые изображения и печатные карты	Предварительные карты; визуализация на экране или в виде растровых изображений	Графические приложения; печатные карты и растровые изображения

Показатели	Сценарии использования программного обеспечения				
	I.1	I.2	II	III	IV
Содержание итоговых карт					
Математическая основа	Обязательна	Необязательна (желателен масштаб)	Обязательна	Необязательна (желателен масштаб)	Обязательна
Общегеографическая основа	Желательна (абрис)	Необязательна	Обязательна	Необязательна	Обязательна
Тематическая основа	Оформление стандартными средствами программного обеспечения: произвольные шкалы, сечение изолиний, минимальное оформление надписей объектов и других элементов		Оформление в соответствии с требованиями научно-технической документации: дискретные шкалы, выбор сечения изолиний, надписи объектов, другие элементы	Оформление стандартными средствами программного обеспечения: произвольные шкалы, сечение изолиний, минимальное оформление надписей объектов и других элементов	Оформление в соответствии с требованиями научно-технической документации: дискретные шкалы с учетом специфики картографируемого явления, выбор сечения изолиний, надписи объектов, другие элементы
Сочетание программ	ГИС – ГИС	СПК – СПК	ГИС – ГИС	СПК – СПК	СПК – ГИС

Создание изолиний. Изолинии как основной тематический элемент содержания формируются в СПК и ГИС автоматическим и инструментальным способами соответственно. Автоматический способ предусматривает динамическую визуализацию изолиний с заданными параметрами сечения, сглаживания и оформления (в том числе подразделением на основные и утолщенные изолинии), а изменение их конфигурации возможно только после конвертации в пространственные данные и/или перестроения исходной ЦМГП. Инструментальный способ изначально предполагает создание изолиний как отдельных слоев пространственных данных. Такие объекты могут подвергаться отбору, сглаживанию с регуляцией параметров, однако их раздельное оформление предполагает кодирование и классификацию.

Послойная окраска интервалов между изолиниями. Отображение значений ЦМГП выполняется с применением цветовых шкал – файлов-описаний параметров цветов в определенной последовательности. СПК и ГИС снабжены базовыми цветовыми шкалами, в том числе отвечающими требованиям нормативной документации по составлению геофизических карт. В зависимости от настроек могут

использоваться непрерывные и дискретные (ступенчатые) шкалы с регулируемым диапазоном значений. Тем не менее зачастую необходимо проектирование пользовательских цветовых шкал для акцента на конкретных диапазонах значений, аномальных и иных участках поля [126].

Создание надписей объектов. Надписи на геофизических картах позволяют получить численную характеристику параметров поля (надписи изолиний) и определить принадлежность одних объектов к другим (пояснительные надписи) на основе атрибутивной части пространственных данных. Основной способ их размещения в СПК и ГИС – автоматический. Существуют отдельные модули, учитывающие при этом картографические правила (Maplex в ArcGIS, Mapping в Schlumberger Petrel). Общая проблема – отсутствие учета уклона поверхности при ориентировании надписей изолиний. Исключение составляет СПК Golden Software Surfer, где имеется режим Orient labels uphill, однако надписи расставляются автоматически, поэтому их расположение не учитывает рамку карты. Также сложность представляет размещение пояснительных надписей ПГН вдоль линий профилей различной конфигурации.

Нормативные документы содержат неоднозначные рекомендации по применению ГИС для составления цифровых карт геолого-геофизического содержания. Так, применение форматов ГИС при подготовке графических приложений, к которым согласно ГОСТ Р 53579-2009 «относятся карты различного содержания, стратиграфические колонки, схемы, планы, разрезы, профили, диаграммы и прочие материалы» [45], носит рекомендательный характер. В результате распространено использование редакторов векторной и растровой графики [112]. Однако дальнейшее многократное получение информации из подобных графических приложений крайне затруднительно, поскольку применяемые форматы не являются координатно-ориентированными и не поддерживают семантические характеристики объектов. Кроме того, использование графических редакторов сопряжено с трудоемкостью и конвертацией файлов из СПК. Например, для экспорта данных из Golden Software Surfer требуются создание промежуточных файлов форматов векторной графики (*.emf, *.eps и др.) и их импортирование в CorelDraw.

6.2.2 Разработка программных модулей для автоматизации составления и оформления цифровых геофизических карт

Необходимость оптимизации цифрового картографического производства в контексте обеспечения недропользования обусловлена тем, что оформление картографических материалов, в том числе графических приложений к геологическим отчетам, – заключительный этап ГГИ, который, как правило, наследует отставание от календарного плана геологического задания, накопленное на предшествующих этапах обработки и интерпретации геолого-геофизических данных. В этой связи автоматизация составления и оформления цифровых геофизических карт [155] важна, поскольку способствует соблюдению сроков выполнения работ без потери качества картографической части результатов ГГИ.

В целях повышения оперативности цифрового картографического производства и расширения возможностей комбинированного использования инструментов СПК и ГИС для создания цифровых геофизических карт под руководством автора разработаны программные модули для выполнения следующих задач:

– автоматического расчета угла поворота надписей к объектам точечной локализации (Angle of Labels) (рис. 45);

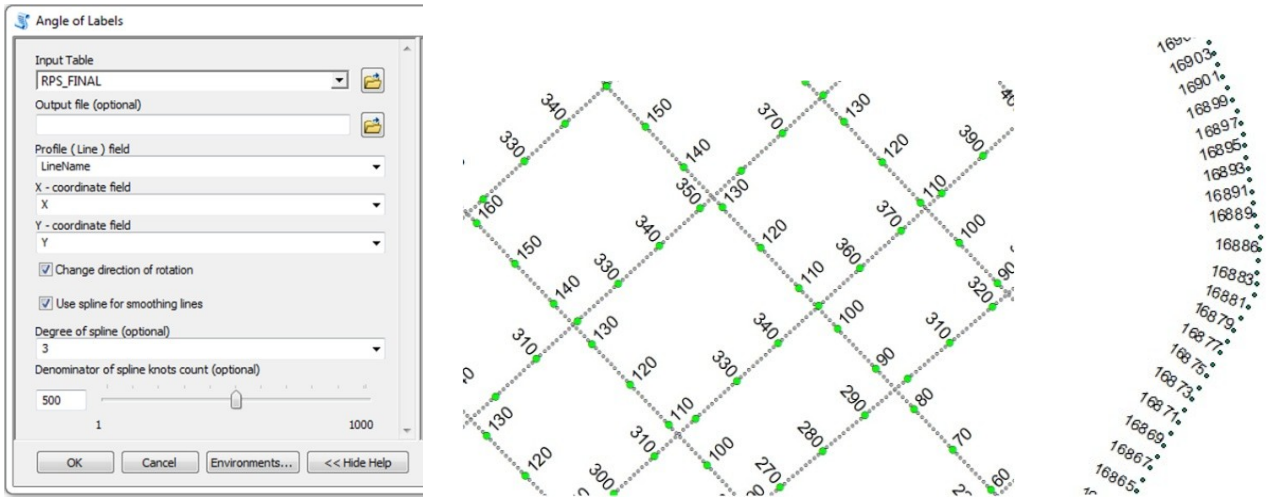
– сохранения параметров оформления цветовых шкал при их передаче из СПК в ГИС (Color Scale from Surfer) (рис. 46, *а*);

– сохранения слоевой структуры ГИС-проектов карт при экспорте в форматы графических редакторов (Export Map to CDR) (рис. 46, *б*).

Программные модули написаны на языке программирования Python (версия 2.7), подключаются через инструменты ArcToolbox, направлены на оптимизацию взаимодействия ArcGIS с Golden Software Surfer и CorelDraw.

Angle of Labels. Инструмент (рис. 45) позволяет автоматизировать расчет угла поворота пояснительной надписи ПГН без предварительного создания линейного объекта профиля наблюдений по значениям полей атрибутивной таблицы с названием профиля и прямоугольными координатами ПГН. Дополнительные

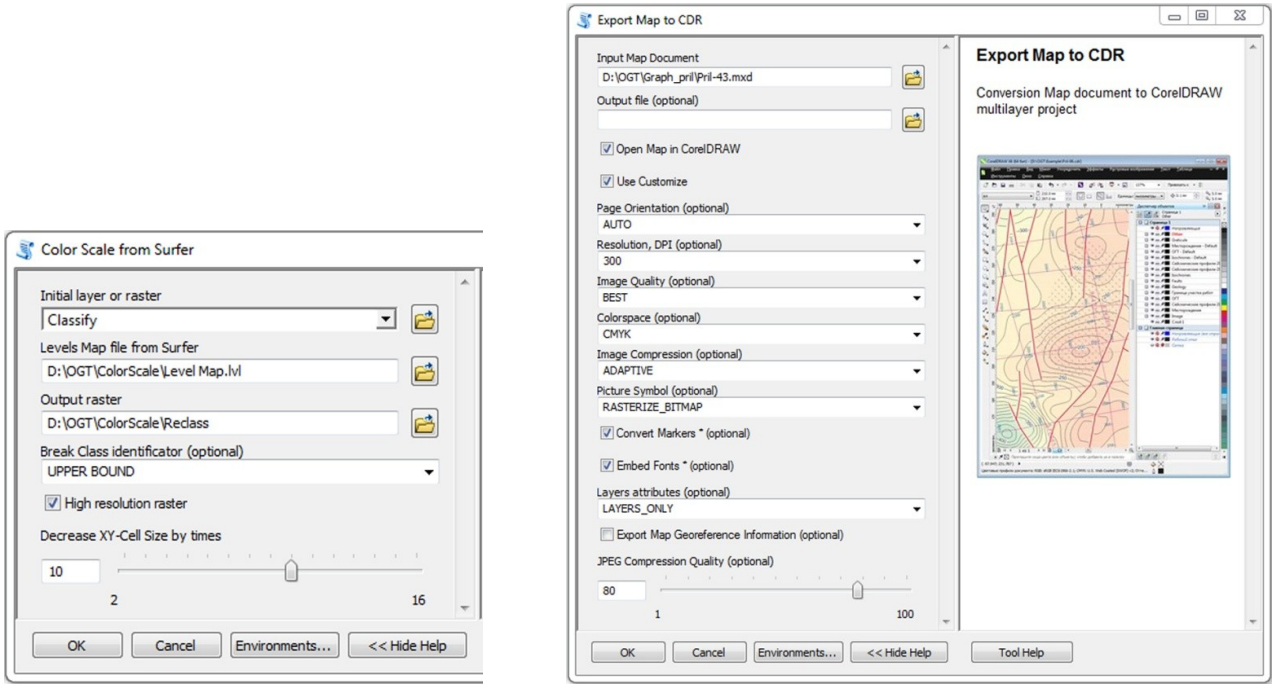
опции позволяют изменить направление обхода линии на противоположное, чтобы поместить надписи по другую сторону линии; обеспечивают управление параметрами сглаживающего сплайна для равномерного расчета угла поворота надписи. В результате в атрибутивную таблицу добавляется поле Angle, которое используется в качестве основного в опции надписывания объектов Rotate by Attribute при включенном механизме надписей Maplex.



а) *б)* *в)*

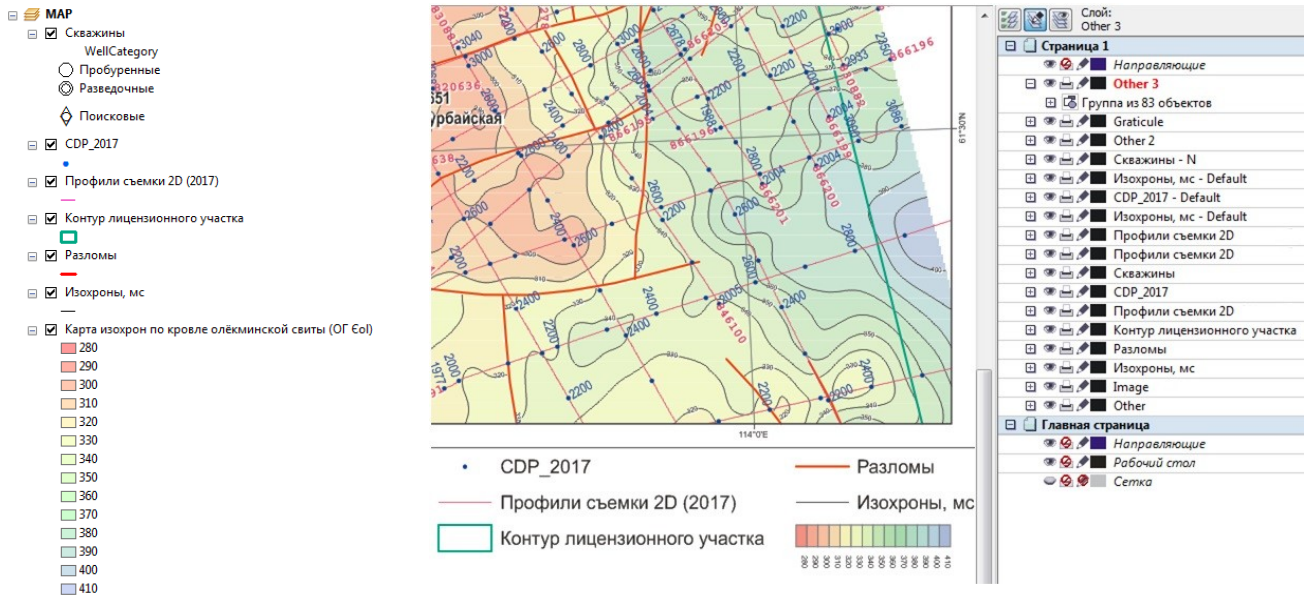
Рисунок 45 – Инструмент Angle of Labels: *а)* интерфейс; *б)* и *в)* результат работы инструмента соответственно для регулярной и нерегулярной сети пунктов геофизических наблюдений

Color Scale from Surfer. Инструмент (рис. 46, *а*) создает файл-описание параметров цветовой шкалы, примененной для ЦМГП в среде Golden Software Surfer, совместимый со средой ArcGIS. В качестве исходных данных используются файл ЦМГП и файл цветовой шкалы в формате *.lvl – текстовый файл с информацией об относительном положении маркеров и соответствующих им цветах модели RGB. Результат – одноканальное растровое изображение, каждой ячейке которого соответствуют индекс и параметры цвета. Пространственное разрешение выходного растрового изображения аналогично исходной ЦМГП, поэтому в целях предупреждения пиксельной текстуры изображения предусмотрена опция уменьшения кратности разрешения выходного растра (по аналогии с режимом сглаживания, Bilinear Interpolation).



а) *б)*

Рисунок 46 – Интерфейс инструментов: *а)* Color Scale from Surfer; *б)* Export Map to CDR



а) *б)*

Рисунок 47 – Преобразование слоевой структуры карты изохрон из ГИС в CorelDraw: *а)* исходный порядок слоев в ArcGIS; *б)* порядок слоев в CorelDraw по результатам работы Export Map to CDR

Export Map to CDR. Инструмент (рис. 46, *б*) конвертирует послойную структуру ГИС-проекта *.mxd в файл *.cdr, сохраняя параметры оформления объектов

тематического содержания (шрифты, стили линий, полигонов и др.) (рис. 47, *а*). Преимущества получаемого файла – наличие слоев, полностью соответствующих исходным вплоть до их порядка и названия, а также присутствие дополнительных слоев: Other, с графическими элементами (рамка карты, выходные данные), и Graticule, с картографической сеткой (рис. 47, *б*).

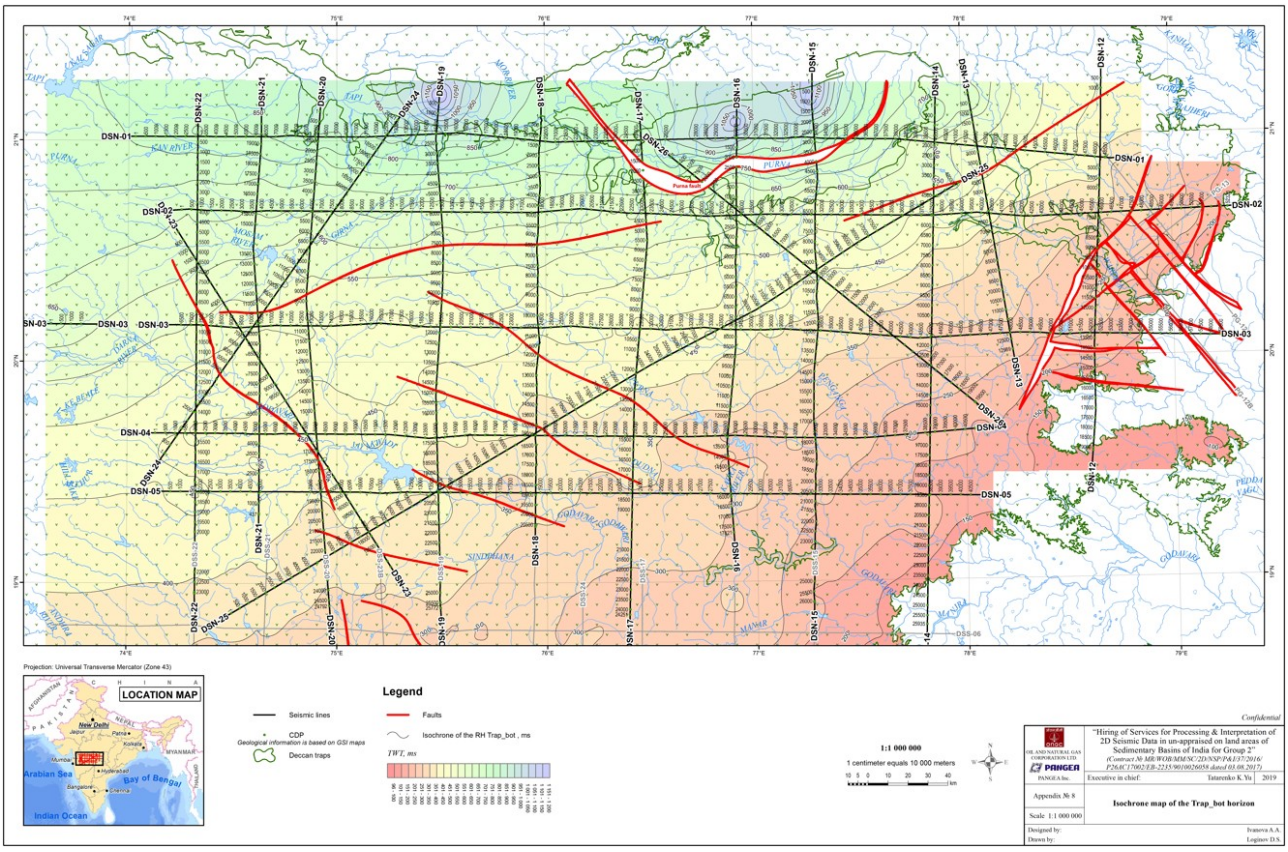


Рисунок 48 – Пример графического приложения к геологическому отчету, подготовленного с применением разработанных технологических решений

Разработанные технологические решения прошли апробацию в производственной работе подрядных организаций (приложение Д) при подготовке цифровых геофизических карт в составе графических приложений к геологическим отчетам. В результате была оптимизирована работа картографа: устранены ручная конвертация объектов и их переоформление при экспорте из СПК в ГИС, реализована единая среда, которая позволила повысить оперативность подготовки отчетных картографических материалов (рис. 48) в соответствии с нормативными документами. Изменения содержания и оформления картографических материалов осуще-

ствляются напрямую в ГИС, что уменьшает число человеко-часов, необходимых для повторного экспорта данных из СПК и их оформления в графических редакторах. Кроме того, с помощью единого геоинформационного пространства возможно использование оформленных пространственных данных на последующих этапах ГРР на территории работ организации.

6.2.3 Создание прогнозно-минерагенических карт по открытым геолого-геофизическим данным в ГИС-среде

В число приоритетных государственных задач недропользования согласно Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 г. [168] входит разработка геолого-картографических и прогнозно-минерагенических моделей по выявлению и оценке ресурсного потенциала России. Теоретико-методологические основы системы картографического обеспечения недропользования апробированы при подготовке комплекта средне-мелкомасштабных прогнозно-минерагенических карт на твердые полезные ископаемые (медь, молибден) для Байкало-Амурской группы металлогенических провинций в рамках Государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (регистрационный номер 643-14-566 в государственном реестре работ по геологическому изучению недр, дата регистрации 30.12.2014 г.). Основная цель исследования – определение площадей, благоприятных для обнаружения месторождений медно-порфировой формации, и их картографирование [185]. Автором лично составлены 27 комплектов прогнозно-минерагенических карт для 13 номенклатурных листов масштаба 1 : 1 000 000 и 14 номенклатурных листов масштаба 1 : 200 000.

Подготовка прогнозно-минерагенических карт в настоящее время нередко включает в себя геоинформационные методы [57; 102; 135] и методы машинного обучения [40], однако вопросам картографической визуализации уделяется недостаточно внимания. В этой связи в ходе работ был решен комплекс картосемиотических вопросов по оформлению тематической основы прогнозно-минерагенических карт. Так, в силу распространения на территории картографи-

рования нерудогенерирующих геологических подразделений было принято решение использовать для их оформления специальные графические знаки – крап. В основу системы обозначений положен принцип объединения подразделений в зависимости от типа пород и их возраста (рис. 49).

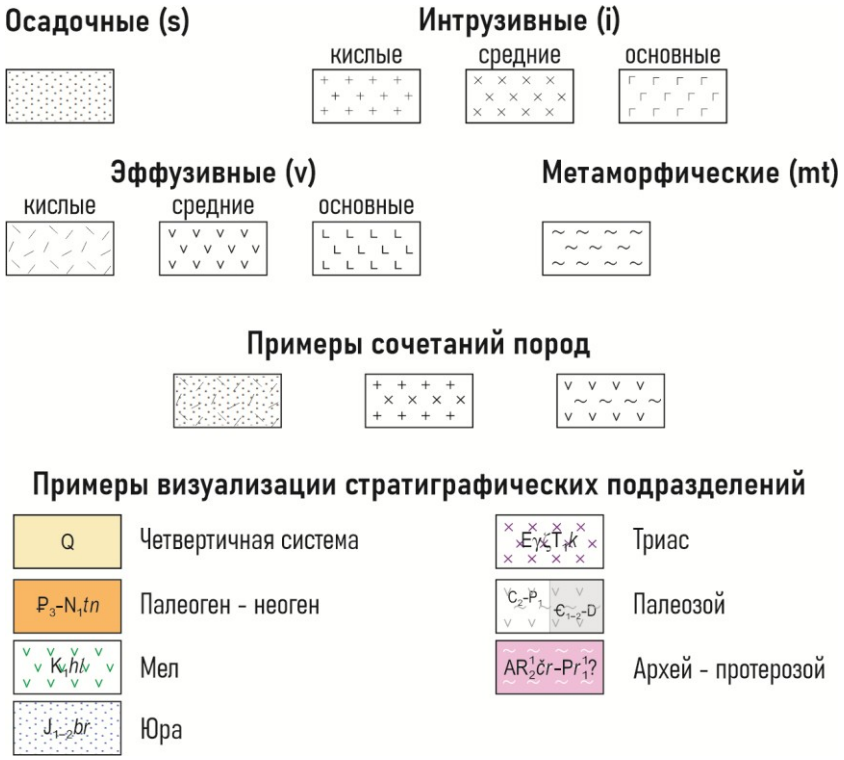


Рисунок 49 – Система обозначений нерудогенерирующих комплексов на подготовленных комплектах прогнозно-минерагенических карт

Символ крапа соответствует делению пород на осадочные, интрузивные, эффузивные, метаморфические. Цвет символа обозначает возраст. Например, для архейских и протерозойских комплексов используется светло-розовый фон; для палеозойских – серый и белый в зависимости от локализации объектов; для четвертичных – светло-коричневый фон без крапа. В случае сочетания нескольких типов пород в пределах объединяемых комплексов предусматривалось совмещение символов. Примеры оформления представлены на рис. 49.

Для визуализации областей сходства с эталонными рудными объектами используется система линий (рис. 50). Цвет внешней линии соответствует рудной специализации эталонного объекта, а стиль внутренней линии отражает наличие эталонного объекта на текущем листе карты (сплошная линия – эталон находится

на текущем листе, штриховая и пунктирная – за пределами данного листа). Для ранжирования рудных узлов по степени выраженности и согласованности с областями сходства с эталонными объектами было разработано специальное штриховое оформление.



а) *б)*

Рисунок 50 – Фрагмент прогнозно-минерагенической карты масштаба 1 : 1 000 000: *а)* лист М-54; *б)* условные обозначения эталонных рудных объектов

Для перспективных узлов используется сплошная черная линия, для потенциально перспективных – штриховая, для узлов с неясными перспективами – пунктирная. Рудные узлы пронумерованы в пределах каждого листа прогнозно-минерагенических карт слева направо, начиная с левого верхнего угла листа, и далее в этом порядке сверху вниз. Другие технические вопросы экспериментальных работ по использованию средств ГИС для размещения индексов геологических подразделений, составления иных элементов специальной геологической основы и т. д. подробно освещены в работе [123].

Листы прогнозно-минерагенических карт масштаба 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000 (рис. 51) подготовлены в виде ГИС-проектов (рис. 52) с расширенной базой данных, в которой собраны и структурированы характеристики эталонных

рудных объектов и прогнозируемых рудных узлов. Цифровая форма исходных комплектов листов ГГК-1000/3 и ГГК-200/2 позволила исключить векторизацию объектов с листов карт ранних поколений. Изменения в содержание вносились посредством разгрузки исходных слоев пространственных данных, а также добавления контуров перспективных объектов, полученных в результате минерагенического анализа на основе технологии многомерной интерпретации геологических, геофизических и геохимических данных [185]. Цифровая форма полученных картографических продуктов позволила применить авторские решения по дизайну карт с учетом методических инструкций и основных задач исследования, оперативно вносить изменения в конфигурацию прогнозируемых площадей, привлекать в полном объеме дополнительные пространственные данные из открытых источников.

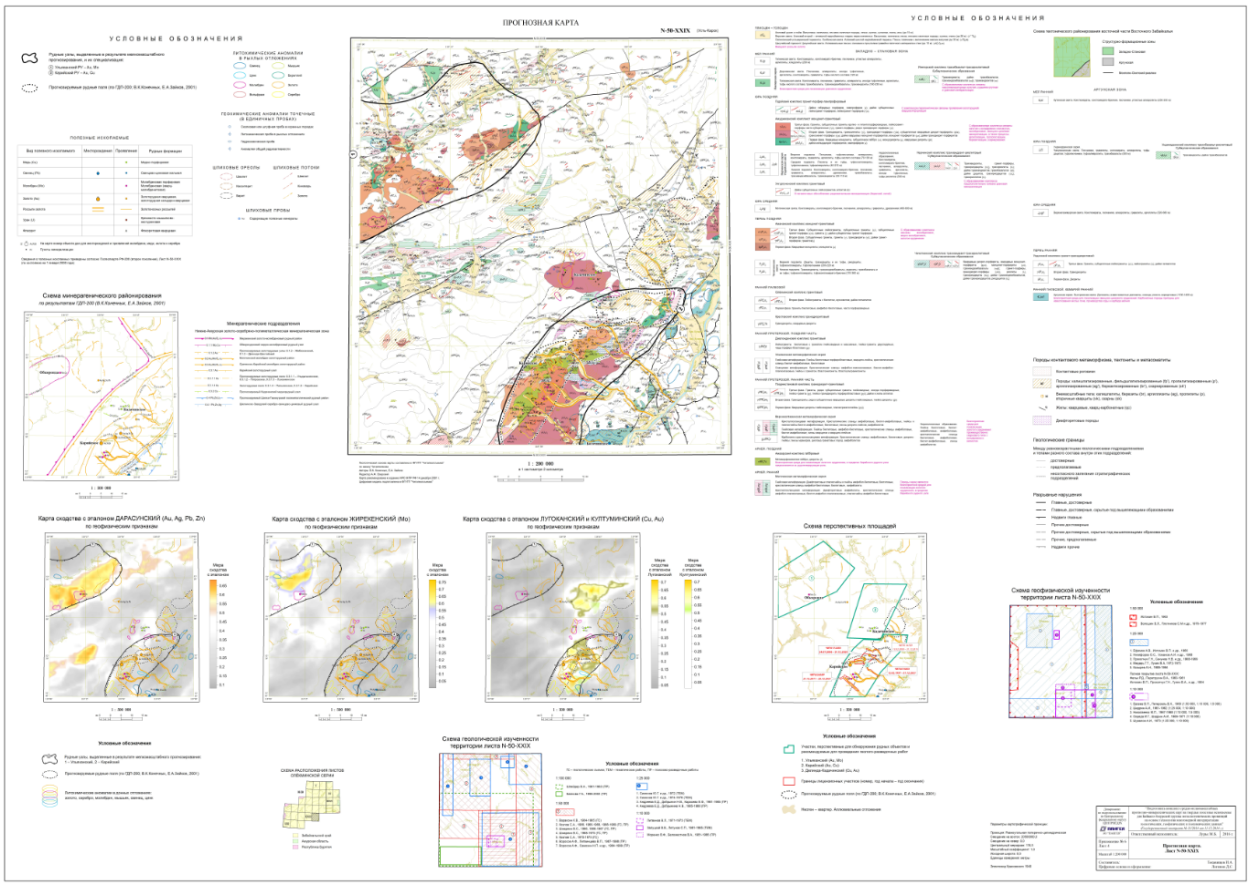


Рисунок 51 – Макет прогнозно-минерагенической карты масштаба 1 : 200 000, лист N-50-XXIX (уменьшен)

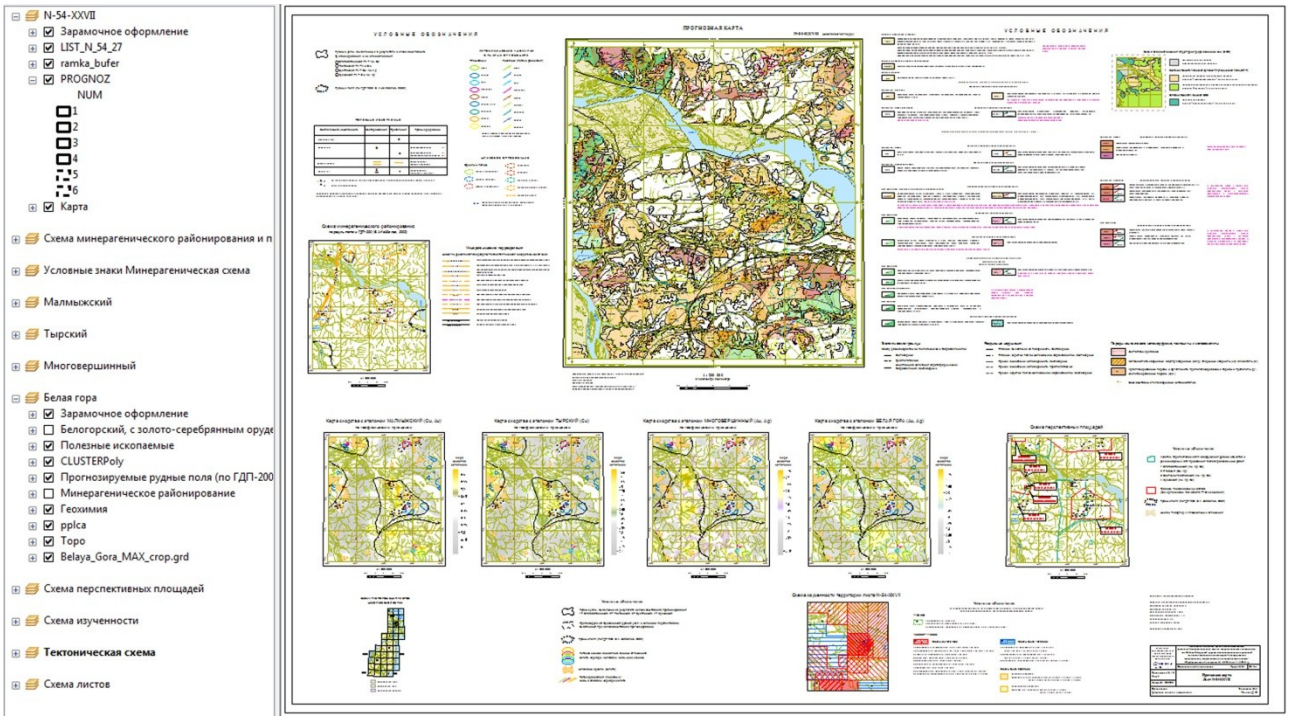


Рисунок 52 – Рабочая область ГИС-проекта прогнозно-минерагенической карты масштаба 1 : 200 000, лист N-54-XXVII (уменьшен)

6.3 Совершенствование технико-методических вопросов картографического и геоинформационного моделирования объектов недропользования

6.3.1 Комплексный анализ данных дистанционного зондирования Земли и морской сейсморазведки для оценки перспектив нефтегазоносности акваторий

Системный подход к организации единого геоинформационного пространства положен в основу совершенствования технико-методических вопросов картографического и геоинформационного моделирования объектов ГГИ. Далее рассмотрены разработанные и апробированные технологические решения для картографического обеспечения оценки перспектив нефтегазоносности [109].

Шельф и акватории мирового океана – приоритетные направления ГРР для развития минерально-сырьевой базы в рамках государственных программ разных стран. Одним из индикаторов наличия потенциальных нефтеносных структур в пределах акваторий морей и океанов служат естественные нефтепроявления ми-

нерального происхождения, детектированию которых с помощью данных ДЗЗ из космоса посвящено большое количество отечественных и зарубежных исследований [12]. Такие нефтепроявления образуются вследствие миграции углеводородов из резервуара через разломы и трещины в осадочных породах, обнажения нефтеносных слоев, различные донные морфологические формы рельефа (грязевые вулканы, покмарки, сипы, грифоны и др.). Однако нефтяные пятна, обнаруженные в ходе визуального и автоматизированного дешифрирования данных ДЗЗ из космоса [69; 187; 266], также могут являться результатом антропогенного загрязнения акваторий и биогенного разложения морских организмов, в связи с чем необходимо установить характер их происхождения. В этом отношении материалы морской сейсморазведки могут быть полезны для определения потенциальных источников нефтепроявлений различной глубины залегания, структурных элементов и путей миграции углеводородов на поверхность.

Комплексный анализ данных ДЗЗ из космоса, морских 2D-сейсморазведочных данных и других сведений из открытых источников выполнен в рамках картографического обеспечения Государственной программы Республики Индия по оценке перспектив нефтедобычи на западной континентальной окраине вулканического шельфа Аравийского моря [109]. Акватория картографирования – морские части осадочных бассейнов Kutch, Saurashtra, Kerala-Konkan, а также часть бассейна Mannar в пределах исключительной экономической зоны Республики Индия. Общая площадь – 487 700 кв. км.

Разработано технологическое решение картографического обеспечения оценки перспектив нефтегазоносности (рис. 53). Состав привлекаемых данных, технические аспекты их использования, а также методика дешифрирования данных ДЗЗ из космоса подробно рассмотрены в публикации автора [109].



Рисунок 53 – Технологическое решение картографического обеспечения оценки перспектив нефтегазоносности акваторий по данным ДЗЗ из космоса и морских сейсморазведочных работ

Происхождение потенциально минеральных нефтепроявлений было установлено с помощью анализа данных морской сейсморазведки по следующей технологии (рис. 54):

– выбор сейсмического профиля, ближайшего к большей части зарегистрированного нефтепроявления (позиция *А*);

– определение диапазона общих глубинных точек, в пределах которого находится ортогональная проекция нефтепроявления на сейсмический профиль (позиция *Б*);

– визуальный анализ фрагмента сейсмического разреза в пределах диапазона общих глубинных точек (позиция *В*).

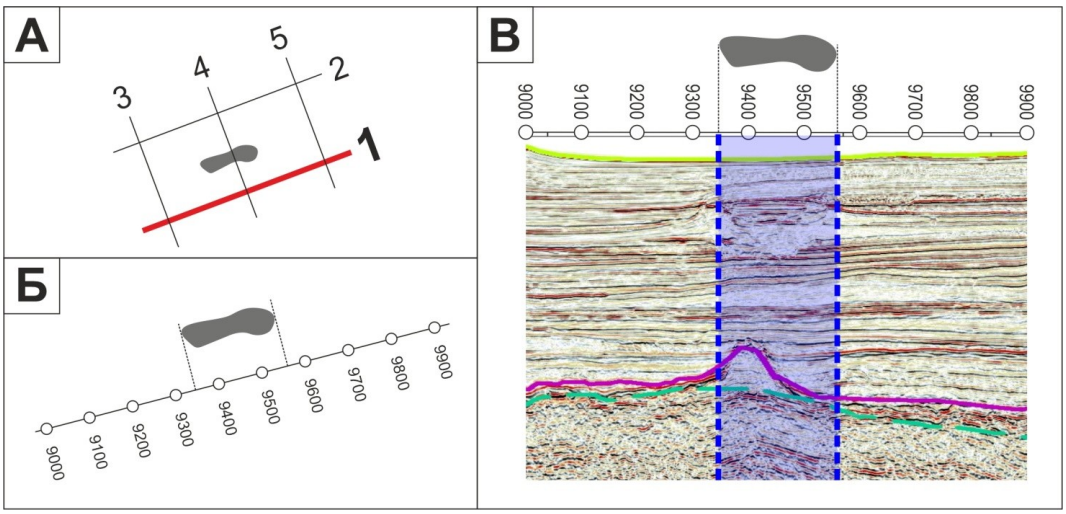
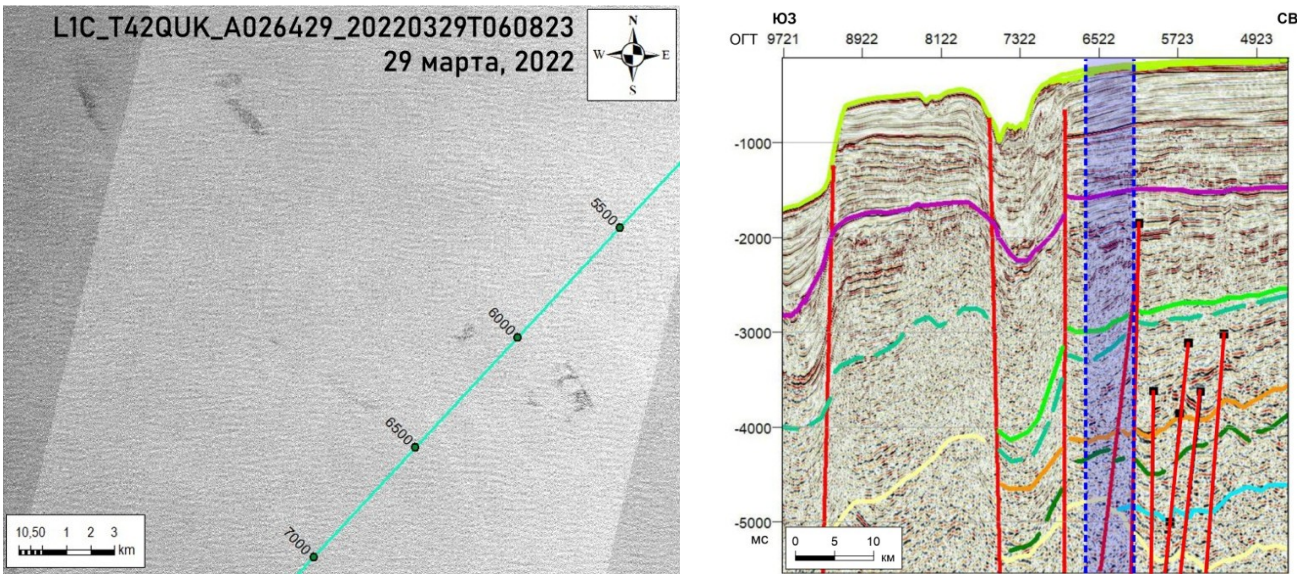


Рисунок 54 – Схема использования сейсмических данных для оценки минерального происхождения нефтепроявлений (пояснения даны в тексте)

Технология позволяет использовать материалы разреженной сети региональных профилей морской сейсморазведки, несмотря на то, что редкие нефтепроявления обнаруживаются непосредственно над профилями, в том числе по причине смены локализации нефтяного пятна под действием метеорологических условий, придонных и приповерхностных течений. Верификация дешифровочных признаков минеральных нефтепроявлений выполнена по объектам в районе наиболее крупного нефтяного месторождения Мумбаи-Хай, открытого советскими геологами в 1960-х гг. Несмотря на то, что акватория картографирования расположена в зоне высокоинтенсивного морского судоходства, полученные результаты выявили приуроченность нефтепроявлений к активным континентальным окраинам. Так, большая часть нефтяных пятен, имеющих, по данным морской сейсморазведки, потенциальные пути естественной миграции углеводородов (рис. 55, *а*), расположена вдоль границы континентального шельфа в районе морской части осадочных бассейнов Kutch и Saurashtra. Следы глубинной миграции углеводородов через осадочный чехол относятся к неоген-четвертичным выходам газогидратов через приповерхностную сеть активных разломов и трещин. Однако в этих зонах нет очевидных ловушек нефтегазоносных коллекторов, в которых могли бы накапливаться продуктивные отложения (рис. 55, *б*).

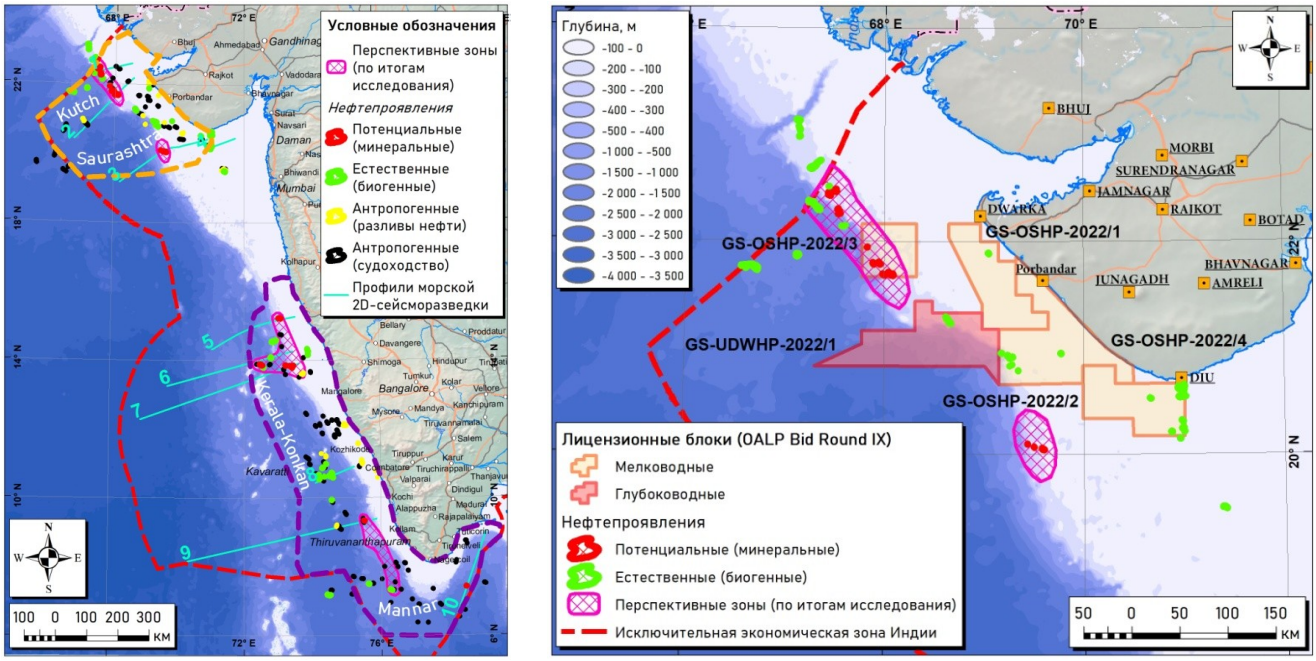
Минеральные нефтепроявления также были зафиксированы в северной части впадины Lakshadweep, где в 2007 г. уже наблюдались выходы углеводородов [266]. В южной части акватории исследования найдены единичные объекты, принадлежащие к платформе Alleppey и рифтовой зоне Mannar.



а) *б)*

Рисунок 55 – Сопоставление группы нефтепроявлений с ближайшими сейсморазведочными данными: *а)* фрагмент снимка Sentinel-2; *б)* фрагмент временного сейсмического разреза

Результаты исследования были учтены при подготовке очередного раунда аукциона на право приобретения в недропользование новых лицензионных блоков Open Acreage Licensed Policy (OALP) в пределах морской части осадочных бассейнов Kutch и Saurashtra. Об этом свидетельствует сопоставление границ полученных зон перспективных объектов и официальных данных Министерства нефти и природного газа Индии [281] (рис. 56).



а) *б)*

Рисунок 56 – Результаты исследования: *а)* карта расположения нефтепроявлений на западной континентальной окраине полуострова Индостан по состоянию на март-апрель 2022 г.; *б)* сопоставление перспективных зон и границ новых лицензионных участков недропользования

Предложенные технологические решения также были апробированы в рамках картографического обеспечения Программы сейсморазведки в районе Андаманского моря, в ходе которой в 2021–2022 гг. были получены новые данные об Андаманском глубоководном осадочном бассейне. По результатам исследования на площади 380 000 кв. км выявлено и подтверждено сейсмическими данными минеральное происхождение 23 нефтепроявлений (рис. 57). Однако неоднозначность первичной оценки нефтегазового потенциала акватории обусловлена глубинами моря, а также современной геодинамической ситуацией в восточной части акватории. В этой связи в отношении выделенных групп близкорасположенных естественных минеральных нефтепроявлений были рекомендованы последующее геохимическое изучение и рациональное проведение поисково-оценочных ГРР.

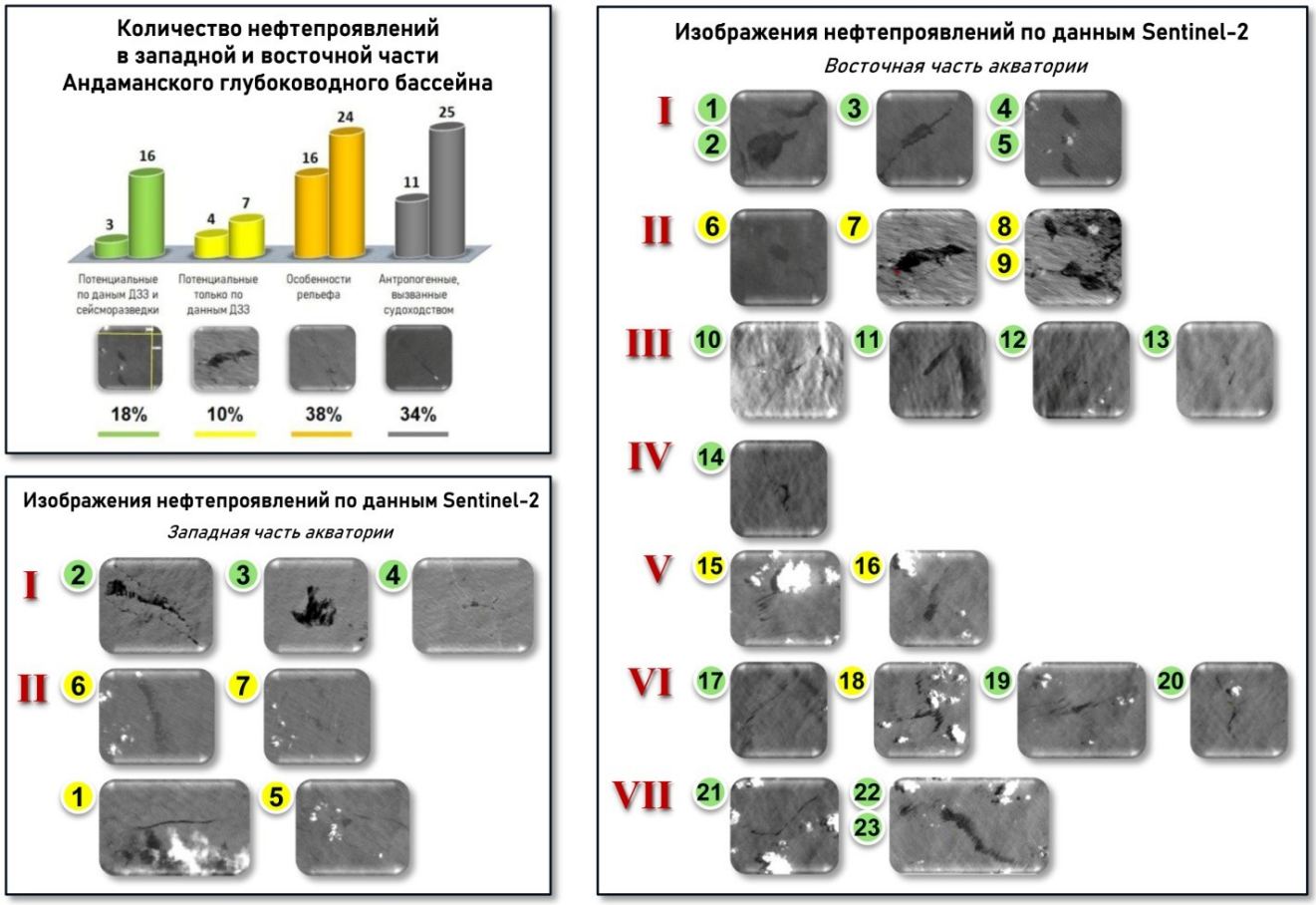


Рисунок 57 – Характеристика групп естественных и антропогенных нефтепроявлений в Андаманском глубоководном осадочном бассейне

Таким образом, результаты апробации свидетельствуют высокой эффективности предложенных технологических решений для выявления естественных нефтяных пятен минерального происхождения, экологического мониторинга нефтяного загрязнения и обеспечения безопасности инженерных сооружений нефтегазового комплекса в схожих районах интенсивного судоходства и сложной геодинамической ситуации.

6.3.2 Геоинформационное моделирование геолого-геофизической изученности

По результатам ГГИ не только формируется новое знание о геологическом строении лицензионного участка недр, но также генерируется большой объем данных, который нуждается в систематизированном хранении, в том числе для использования на последующих этапах ГРР. В условиях цифровизации отрасли и тенденции возобновления изучения зрелых наземных осадочных бассейнов воз-

растает актуальность создания архивов геолого-геофизических данных внутри подрядных организаций. Текущие решения включают либо инвентаризацию массивов данных и формирование различных перечней с описанием, либо адаптацию готовых программных решений к корпоративным стандартам или разработку собственных программных комплексов хранения данных в специализированных форматах [107]. Однако в таких случаях пространственный аспект поиска данных остается неучтенным, что не позволяет осуществлять оперативную подготовку цифровых картографических и геоинформационных продуктов для обеспечения доступа к архиву данных.

В рамках картографического обеспечения заключительного этапа ГГИ накопления и хранения информации – разработано технологическое решение, направленное на подготовку массива пространственных данных изученности территории посредством геолого-геофизических работ подрядной организации и формирование соответствующей системы архива (рис. 58).

Экспериментальные работы по реализации этапов предложенного технологического решения подробно охарактеризованы в статье автора [107]. Методические вопросы геоинформационного моделирования объектов геолого-геофизической изученности рассмотрены на примере подрядной организации, специализирующейся на полевых и камеральных ГГИ различных этапов ГРР. Опыт работ организации охватывает более 500 выполненных проектов в Российской Федерации и других странах. Массив данных, хранящихся на физических носителях (DVD, HDD) и в интранет-сети, описан в электронном каталоге и составляет около 1000 единиц хранения.

Результатом апробации предложенного технологического решения стала система архива обобщенного уровня изученности (уровень проектов, выполненных организацией), состоящая из следующих взаимосвязанных элементов:

– массив пространственных данных (формат *.shp) с границами более 650 пространственных объектов, в пределах которых были выполнены ГГИ (рис. 59);

– систематизированные реестр договоров и каталог единиц хранения (формат *.xls) с ключевыми полями, обеспечивающими взаимосвязи данных элементов между собой и с атрибутивной таблицей пространственных данных (рис. 60).



Рисунок 58 – Технологическое решение подготовки массива пространственных данных архива изученности ГРР

Массив пространственных данных содержит идентификационный код пространственных объектов изученности, позволяющий учесть выполнение ГГИ в пределах различных типов объектов (табл. 17). Предложенная структура кода также дает возможность использовать атрибутивную часть пространственных данных как самостоятельную таблицу в составе системы архива изученности (рис. 60), в том числе при выборке записей по составным частям кода (например, по принадлежности к тому или иному региону) без картографической визуализации.

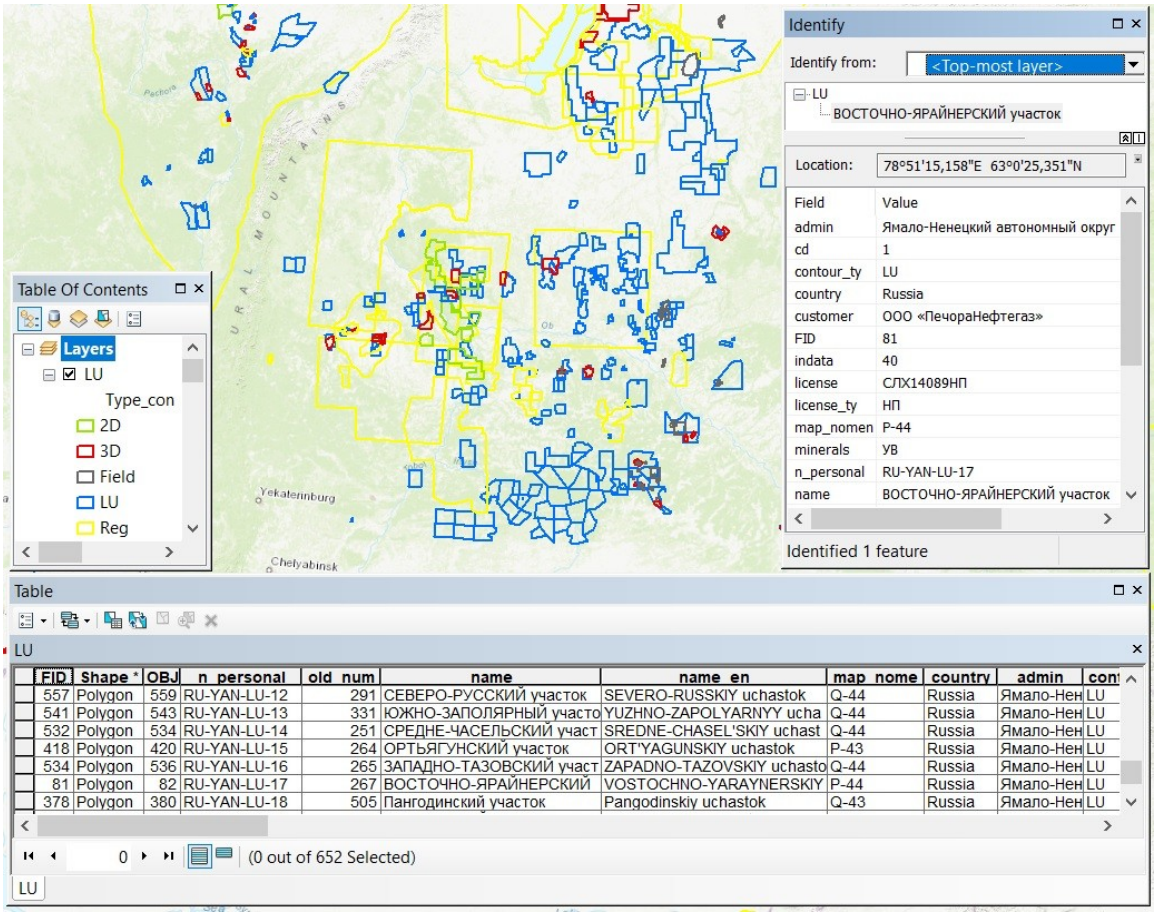


Рисунок 59 – Экранная копия ГИС-проекта с визуализированным массивом пространственных данных архива обобщенного уровня изученности организацией

Апробация технологического решения позволила систематизировать архив изученности организацией и перевести его в единое геоинформационное пространство. Система архива геологических отчетов, графических приложений и других документов, полученных в пределах объектов исследования различного ранга (месторождение, лицензионный участок, административная единица и др.), продлевает жизненный цикл данных и способствует цикличности ГГИ и ГРР. Использование пространственных данных, ассоциированных с объектами ГГИ и единицами хранения информационных ресурсов, обеспечивает поиск по атрибутивному и территориальному признакам и подготовку производных цифровых картографических продуктов различного назначения. В их числе карты опыта работ (семиотические и технологические особенности их подготовки подробно рассмотрены в публикации автора [110]); веб-сервисы архива изученности территории работами подрядной организацией (см. подразд. 7.3); карты плотности геоло-

го-геофизической изученности [9; 134; 296]. Таким образом, обеспечиваются непрерывность жизненного цикла данных в пределах организации, а также оперативный доступ к информации при проектировании ГРР в ранее изученных регионах страны [107].

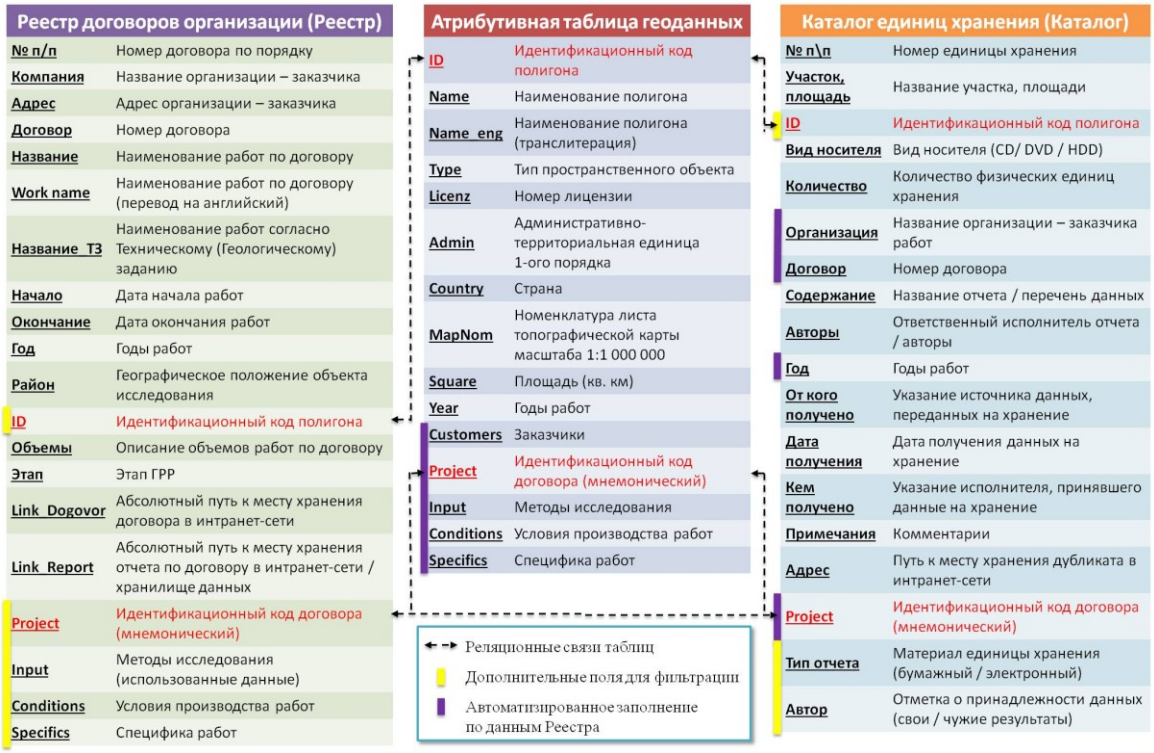


Рисунок 60 – Взаимосвязи в системе архива обобщенного уровня изученности

Таблица 17 – Примеры кодирования различных типов пространственных объектов

Идентификационный код	Расшифровка кода
AA-BBB-CC-DDD	Образец кода, где «AA» – двухбуквенный код страны по стандарту ISO 3166, «BBB» – символьный индекс административно-территориальной единицы первого порядка, «CC» – символьный индекс типа пространственного объекта, «DDD» – порядковый номер записи в группе «AA-BBB-CC»
RU-ARK-LU-001	Контур лицензионного участка недр в Архангельской области, Российская Федерация
RU-000-LU-014	Контур лицензионного участка недр на шельфе Российской Федерации
RU-YAN-FD-005	Интегральный контур месторождения в Ямало-Ненецком автономном округе, Российская Федерация
CO-MET-3D-001	Контур сейсморазведочных работ МОГТ 3D в департаменте Мета, Республика Колумбия
IN-GJT-2D-002	Контур сейсморазведочных работ МОГТ 2D в штате Гуджарат, Республика Индия
RU-KHM-RG-004	Контур работ регионального этапа ГРР в Ханты-Мансийском автономном округе, Российская Федерация

Выводы по шестому разделу

По итогам шестого раздела сделаны следующие выводы:

1) уточненные методико-технологические вопросы разработки структуры БПД и ГИС-проектов способствуют, в отличие от текущих практик, системной организации единого геоинформационного пространства для картографического обеспечения недропользования. Методические решения позволяют использовать ГИС-проект в качестве цифрового картографического продукта, дающего доступ отраслевым специалистам к накопленным данным; рабочего пространства для систематизации, публикации пространственных данных и подготовки на их основе цифровых картографических продуктов картографом; формы хранения данных;

2) разработанная система технологических решений для автоматизации цифрового картографического производства позволяет оптимизировать работу картографа по созданию оперативных и отчетных картографических материалов; решить комплекс технологических и картосемиотических вопросов создания цифровых моделей и визуализации результатов прогнозно-минерагенического картографирования в рамках государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов»;

3) апробация теоретико-методологических основ системы картографического обеспечения недропользования позволила в едином цикле с созданием цифровых картографических и геоинформационных продуктов разработать технологические решения для оценки перспектив нефтегазоносности акваторий по данным ДЗЗ из космоса и морских сейсморазведочных работ; для геоинформационного моделирования геолого-геофизической изученности территории отраслевыми организациями.

7 МОДЕРНИЗАЦИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОСЕРВИСОВ

7.1 Разработка веб-технологических решений картографического обеспечения полевых этапов геофизических исследований

7.1.1 Концептуальная модель картографического мониторинга выполнения полевых геофизических исследований

Своевременное выполнение полевых геофизических исследований напрямую влияет на сроки выявления и подготовки к эксплуатации новых месторождений полезных ископаемых. С учетом краткости полевого сезона и условия проведения работ (физико-географические и климатические особенности территории, транспортная доступность, ограниченная связь) актуальна задача совершенствования организации непрерывного сбора данных о производительности отрядов специалистов, выполняющих комплекс полевых геофизических исследований (далее – полевые работы) [48]. Текущий контроль за производительностью геофизических партий основан на ежедневной подготовке и анализе отчетных табличных и картографических материалов о выполнении плановых объемов полевых работ. Подготовку таких материалов, как правило, выполняет топографо-геодезический отряд, который снабжает геофизическую партию пространственными данными. В редких случаях разрабатываются собственные программные приложения, позволяющие геофизикам независимо составлять абрис местности [16], визуализировать параметры контроля качества полевых работ [209], собирать и анализировать данные, представлять оперативные отчеты заказчику работ [219]. Кроме того, осуществляется топографический мониторинг месторождений, в основе которого лежат регистрация изменений объектов и обновление цифровой модели территории месторождений [60]. Однако комплексный мониторинг хода полевых работ остается без внимания в силу привычного обращения к отчетным картам как статичным графическим материалам.

В целях совершенствования картографического обеспечения полевых работ требуются технологические решения, которые позволяют автоматизировать сбор данных, формирование полевой отчетной картографической документации и ее представление средствами, не требующими специальной подготовки конечного пользователя. Перечисленные задачи составляют основу *картографического мониторинга выполнения полевых геофизических исследований*, под которым в настоящем исследовании понимается процесс сбора и предоставления актуальной пространственной, статистической и иной информации о выполнении топографо-геодезических и собственно геофизических работ для принятия административных решений по предупреждению нарушения сроков [116]. Картографический мониторинг входит в состав картографического обеспечения полевых ГГИ на региональном и поисково-оценочном этапе ГРР наряду с задачами снабжения топографо-геодезических и геофизических отрядов пространственными данными и картографическими материалами для выполнения топографо-геодезических и геофизических работ, обработки результатов, подготовки отчетных материалов.

Предложена концептуальная модель картографического мониторинга выполнения полевых работ (рис. 61), состоящая из четырех взаимосвязанных блоков (подсистем), позволяющих реализовать подготовку ежедневных отчетных документов вне зависимости от привлекаемого метода геофизической разведки [116]. Далее рассмотрим особенности каждого блока концептуальной модели.

Блок «сбор исходных данных». Направлен на сбор данных для подготовки картографической основы и формы отчетности. По пространственным данным границ территории работ и проектной сети ПГН определяется состав основных и дополнительных картографических материалов и пространственных данных, требования к объему базы данных и привлекаемому программному обеспечению. Справочные и статистические сведения о параметрах съемки (общее число и густота ПГН), ежедневных плановых объемах выполнения всех видов работ, составе инженерно-технических работников, техническом оснащении полевой партии необходимы для подготовки форм ежедневной отчетности.

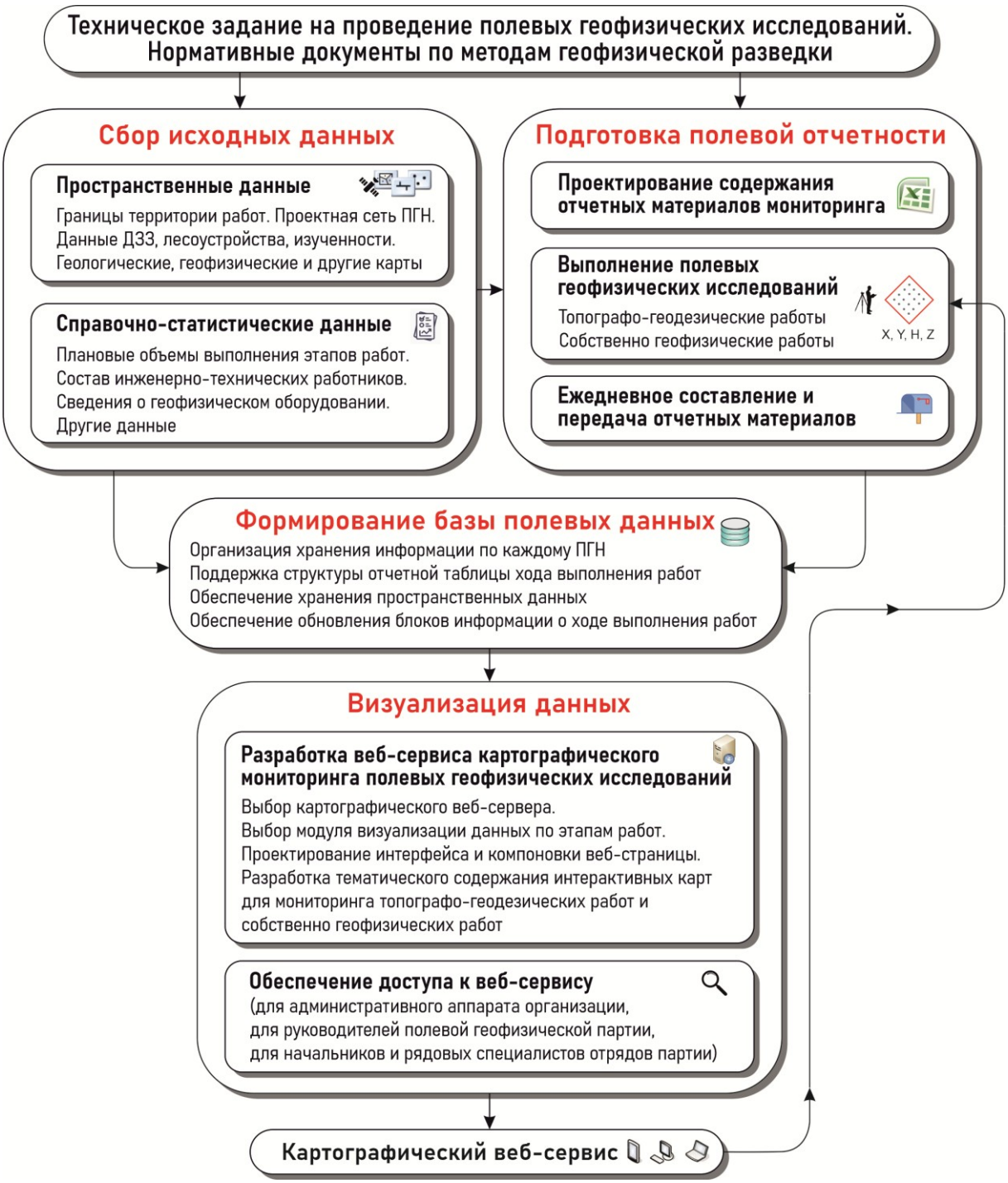


Рисунок 61 – Концептуальная модель картографического мониторинга выполнения полевых геофизических исследований

Блок «подготовка полевой отчетности». Предусматривает проектирование формы ежедневной полевой отчетности, разработку регламента ее заполнения в полевых условиях, сбор и передачу в базу полевых данных. Форма должна базироваться на атрибутивной таблице пространственных данных ПГН, содержать

информацию об отчетных параметрах каждого вида работ, подлежащих мониторингу, быть доступной и понятной для ведения в геофизической партии.

Блок «формирование базы полевых данных». Предполагает проектирование базы данных и организацию серверного пространства для систематизированного хранения пространственных данных и таблицы ежедневной полевой отчетности. База данных должна быть совместима с технологиями веб-картографирования и находиться на специальном сервере, доступ к которому имеет администратор. Указанные организационно-технические мероприятия находятся в ведении камерального состава подрядной организации, поэтому к подготовке и тестированию решений можно приступать непосредственно перед началом топографо-геодезических работ.

Блок «визуализация данных». Реализует через веб-сервис доступ к пространственным данным, характеризующим текущий статус полевых работ. Основная цель цифрового картографического продукта – оперативное предоставление пространственных данных и статистической информации о ходе выполнения всех этапов. Веб-сервис также направлен на разработку управленческих решений по координации и повышению производительности многочисленных отрядов полевой партии для своевременного выполнения полевых работ.

Вопросы реализации блоков концептуальной модели рассмотрены при разработке технологических схем подготовки и взаимодействия компонентов веб-сервиса картографического мониторинга полевых работ на основе технологий MapServer (рис. 62) [128] и Leaflet (рис. 63) [129]. Далее в контексте совершенствования технико-методических вопросов использования веб-технологий на этапе полевых работ ГГИ целесообразно подробно охарактеризовать организационно-технические (подразд. 7.1.2) и картографические (подразд. 7.1.3) основы реализации концептуальной модели картографического мониторинга.

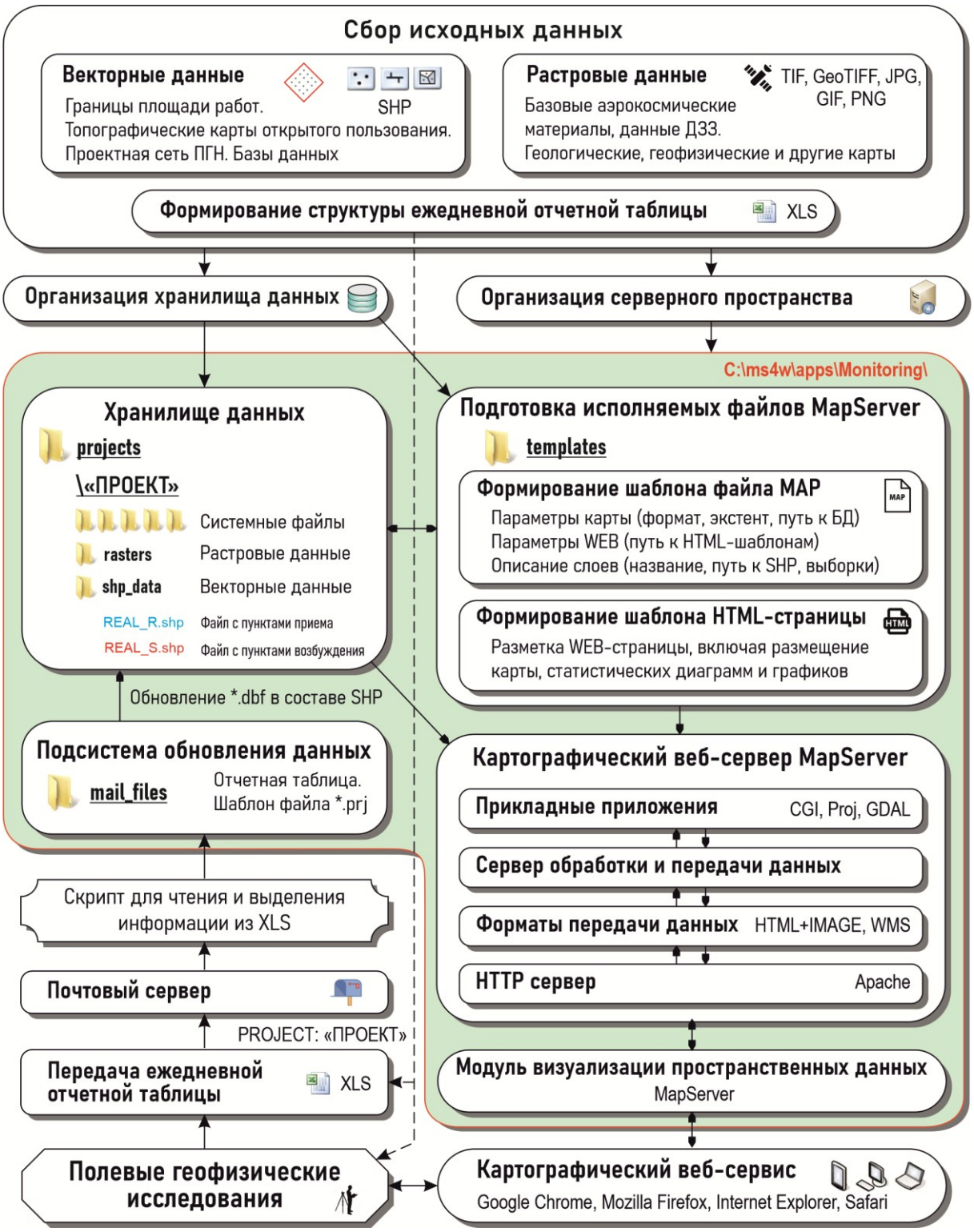


Рисунок 62 – Технологическая схема подготовки и взаимодействия компонентов веб-сервиса картографического мониторинга полевых геофизических исследований на основе MapServer



Рисунок 63 – Технологическая схема подготовки и взаимодействия компонентов веб-сервиса картографического мониторинга полевых геофизических исследований на основе PostgreSQL и Leaflet

7.1.2 Организационно-технические основы разработки веб-сервиса картографического мониторинга полевых геофизических исследований

Организационно-технические основы охватывают требования к конечному цифровому картографическому продукту, организацию подсистемы обновления данных, создание единого серверного пространства, формирование базы данных и адаптацию выбранного программного обеспечения к тематическим задачам.

Основные требования к веб-сервису картографического мониторинга полевых геофизических исследований:

– своевременная фиксация на карте текущих объемов выполненных работ;

– реализация доступа к картографическому веб-сервису по принципу «клиент – сервер» для распределения рабочей нагрузки в условиях нестабильного доступа к сети Интернет в местах проведения полевых работ;

– разделение прав доступа в зависимости от групп пользователей (административный аппарат организации, руководители полевой геофизической партии, начальники и рядовые специалисты отрядов партии);

– сохранение конфиденциальности информации.

Для реализации блоков «подготовка полевой отчетности» и «формирование базы полевых данных», направленных на системный сбор и обновление данных, разработана и апробирована структура отчетной таблицы, которая ежедневно заполняется специалистами по каждому виду полевых работ. Отчетная таблица представляет собой инвентаризированный список проектных ПГН со следующими параметрами, используемыми для мониторинга: координаты, номер профиля и пикета, статус выполнения работ. Полная структура таблицы для мониторинга основных видов полевых работ, осуществляемых методами потенциальных, непотенциальных и волновых полей, представлена в статье автора [116].

В целях автоматизации ежедневного приема отчетной таблицы, ее передачи в камеральную базу полевых данных для последующей обработки информации и визуализации совместно с исходными данными разработано технологическое решение – *подсистема обновления данных Mail_files*. Подсистема предусматривает доставку таблицы формата *.xls из полевой партии в хранилище данных посредством почтового сервера с указанием в теме письма кодового выражения формата *PROJECT: «Название проекта»*. Выражение предназначено для автоматического распределения потоков информации в случае одновременного выполнения полевых работ на разных территориях. Последующее чтение и выделение необходимой информации из содержимого электронного письма осуществляются с помощью скрипта, разработанного под руководством автора на языке Python. Скрипт

считывает вложения входящих писем и автоматически распределяет их по одноименным подпапкам в директориях Mail_files. Далее программным способом извлекается информация из отчетной таблицы для обновления атрибутивной части пространственных данных и динамических блоков окна взаимодействия веб-сервиса (см. подразд. 7.1.3). Результат – обновленное тематическое содержание веб-сервиса, а именно положения на карте фактической сети ПГН, их параметров, а также графики выполнения видов полевых работ.

Вопросы создания единого серверного пространства и формирования базы данных напрямую зависят от программного обеспечения. С учетом отмеченных ранее требований и отечественного опыта [169] предпочтительна разработка базы данных и клиентского веб-приложения на собственном сервере с привлечением открытого программного обеспечения. Далее рассматривается создание единого серверного пространства для реализации концептуальной модели картографического мониторинга с использованием технологий MapServer [128] и Leaflet [129].

При применении технологии MapServer в качестве клиентской части используется HTML-страница, а веб-сервером выступает Apache HTTP Server. Работа веб-сервера заключается в запуске CGI-программы mapserv.exe, которая реализует динамическую подготовку растрового файла минимального объема с картографическим изображением после каждого перемещения карты пользователем и встраивает его в HTML-страницу (*.html). Состав слоев картографического изображения, их оформление и другие параметры указываются в специальном файле конфигурирования MAP (*.map), который передается программе mapserv.exe в качестве одного из параметров, заданных пользователем в строке адреса. Преимущества технологии: открытый исходный код на языке C, мультиплатформенность, возможность размещать на собственном сервере наборы программ, отвечающих за взаимодействие с клиентом и создание растрового изображения на указанной области интересов. Технические вопросы размещения на серверном пространстве каталога служебных файлов MapServer, подготовки и взаимодействия хранилища данных Projects, шаблонов Templates и подсистемы обновления данных Mail_files подробно освещены автором ранее [128].

Организация серверного пространства с использованием картографической библиотеки Leaflet для визуализации данных имеет иной состав. Структура веб-сервера представляет собой совокупность программных решений на основе СУБД PostgreSQL и библиотеки Leaflet, позволяющих разделить потоки информации по каждому полевому проекту. Для этого создаются таблицы базы данных и соответствующие файлы: разметки веб-страниц (PHP), подключения (PHP) и оформления (JS) слоев из одноименных таблиц базы данных. Преимущества технологии – хранение информации о параметрах каждого ПГН в централизованной системе управления базами данных. Технические вопросы размещения на серверном пространстве компонентов веб-сервера и обеспечения их взаимодействия (рис. 64) универсальны, не требуют сложного программирования. Структура веб-сервера (табл. 18) также может быть расширена и дополнена другими компонентами.

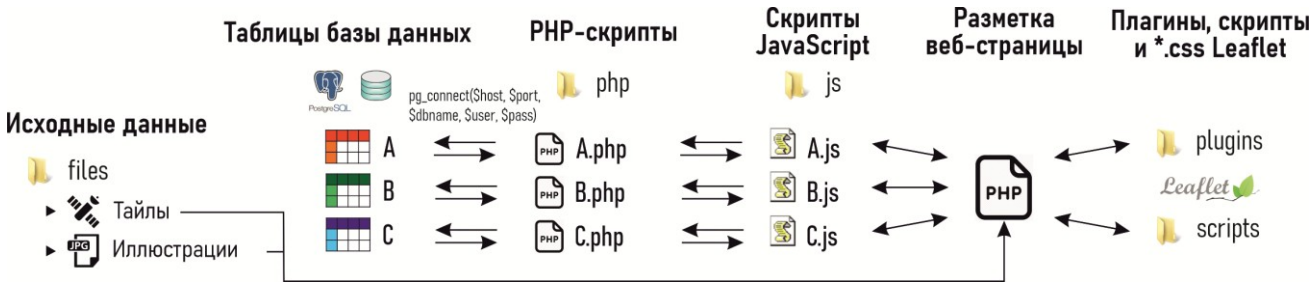


Рисунок 64 – Схема взаимодействия элементов веб-сервера при использовании технологий Leaflet и PostgreSQL

Таблица 18 – Структура серверного пространства при использовании технологий Leaflet и PostgreSQL

Структура	Состав	Функции
Файл разметки веб-страницы	Файл формата PHP	Обеспечение взаимодействия всех компонентов веб-сервиса, описание интерактивных возможностей и интерфейса. Программный код содержит блоки: – параметры авторизированного доступа к странице карты; – относительные ссылки на файлы папок scripts, plugins и JS; – описание тела страницы (объявление глобальных переменных, относительных размеров элементов веб-страницы); – объявление переменных для векторных слоев на базе GeoJSON, растровых слоев с тайловым представлением и слоев данных, распространяемых по стандартам OGC; – управление слоями и элементами математической основы (масштабная линейка, проекция данных)

Структура	Состав	Функции
Директория:		
files	Поддиректория:	
	tiles	Хранение тайловых представлений растровых карт и схем, цифровых моделей геофизических полей
	images	Хранение иллюстраций, пользовательских иконок для окна взаимодействия веб-сервиса
php	Файлы подключения и запросов к базе данных PostgreSQL	Обеспечение подключения к таблицам базы данных, участвующим в формировании картографического изображения; преобразование поступивших данных в формат GeoJSON
js	Файлы формата JS функций создания и отображения слоев веб-сервиса	Характеристика параметров визуализации данных в виде слоев интерактивной карты. Программный код содержит блоки: – описание путей к одноименным PHP-скриптам; – идентификация характера локализации данных, их выборки и оформления; – наименование слоя в составе группы LayerControl
plugins	Внешние модули и плагины Leaflet	Поддержка интерактивных возможностей веб-сервиса
scripts	Дополнительные пользовательские скрипты на языке JavaScript	Поддержка функционирования веб-сервиса

Таким образом, организация серверного пространства с использованием различных технологий реализует две разновидности архитектуры клиент-серверных приложений. Так, MapServer минимизирует нагрузку на клиентскую сторону (тонкий клиент) и содействует стабильной работе веб-сервиса в условиях пониженного качества Интернет-соединения. При использовании Leaflet и PostgreSQL нагрузка переходит на клиентскую часть (толстый клиент), а сервер выступает в роли посредника, передающего данные клиенту для самостоятельного формирования карты.

7.1.3 Картографические основы разработки веб-сервиса картографического мониторинга полевых геофизических исследований

Картографическая основа разработки веб-сервиса отвечает за подготовку картографического изображения и окна взаимодействия пользователя с компонентами веб-сервиса. В этой связи при проектировании графического пользова-

тельского интерфейса, тематического содержания картографического изображения, организации доступа к веб-сервису на первый план выходит адаптация принципов дизайна, ориентированного на пользователя.

В общем случае компоновка веб-страницы предполагает два блока – картографический и статистический. Размещение блоков зависит от формы территории работ. В случае территории, вытянутой вдоль меридианов, картографический и статистический блоки можно располагать на одном уровне; для территории, вытянутой вдоль параллелей, картографическое изображение предпочтительно размещать в верхней части веб-страницы, а статистическую информацию – в нижней.

Содержание картографического блока веб-страницы представляет собой собственно веб-картографическое изображение – топографическую основу с нанесенными тематическими объектами, в том числе сетью ПГН, оформление которых характеризует степень подготовки территории работ к геофизическим наблюдениям, местоположение полевых бригад, состояние фактической съемочной сети ПГН и другие параметры. На рис. 65 представлена система условных обозначений ежедневно обновляемых тематических слоев для мониторинга топографо-геодезических и сейсморазведочных работ. Размер точки используется для отображения актуальности состояния ПГН, вынесенных в натуру во время топографо-геодезических работ. Так, с бóльшим диаметром отображаются точки, вынесенные на местность в день обновления карты, с меньшим диаметром – за предыдущие дни [122]. Цвет точек выбран исходя из привычных для геофизиков оттенков: синий для пунктов приема, красный для пунктов возбуждения. Применительно к визуализации статуса сейсморазведочных работ используются иные сочетания: для смотно-размоточных работ – розовый цвет, для работ по регистрации сигнала – оттенки черного. Указанные сочетания обеспечивают реализацию принципа многоплановости изображения и закона апперцепции для сохранения у основных пользователей карты ассоциативности применяемых цветов.

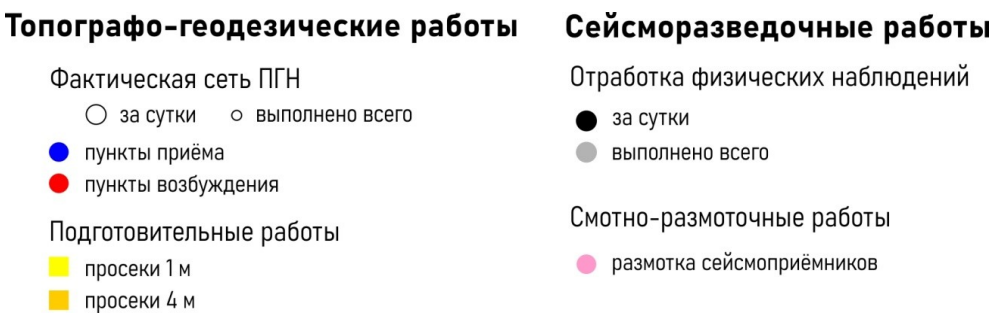
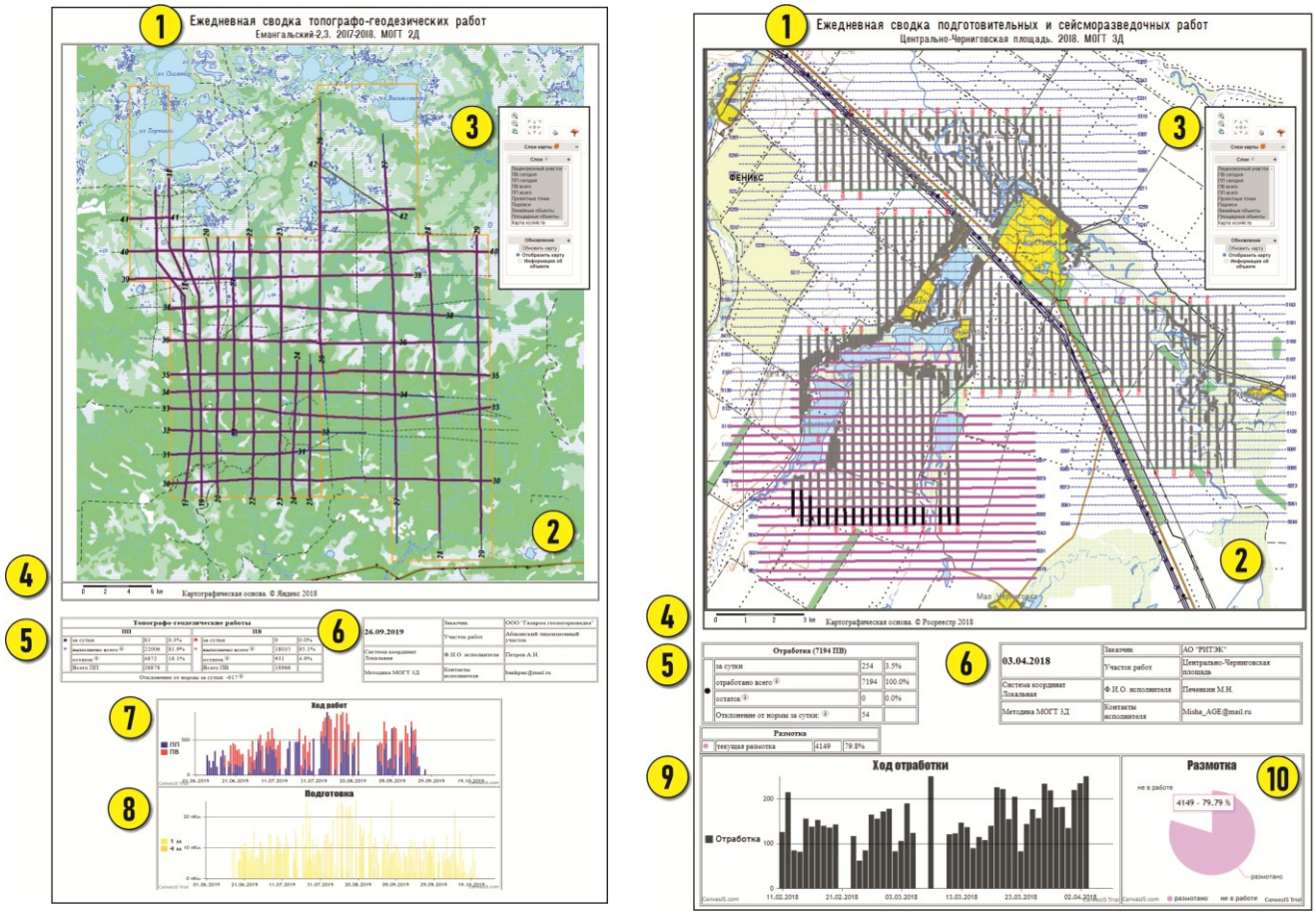


Рисунок 65 – Система тематических условных обозначений для веб-картографического изображения

Содержание статистического блока веб-страницы представлено графиками и диаграммами, которые служат дополнительным средством анализа и визуализации ежедневной статистики выполнения полевых работ. Используются столбчатые диаграммы, где ось абсцисс соответствует дням, а ось ординат – количественной мере объема работ (пункты, километры и т. д.). Круговые диаграммы применяются для отображения долей целого, например, полный диаметр соответствует общему числу единиц геофизического оборудования (гравиметры, магнитометры, сейсмоприемники и др.).

На рис. 66 представлен графический пользовательский интерфейс веб-сервиса на основе технологии MapServer. Веб-сервис состоит из двух веб-страниц, посредством которых передается информация о выполнении топографо-геодезических работ и подготовке профилей к прохождению техники (рис. 66, *а*), а также сейсмических работ (рис. 66, *б*).

Экспериментальные работы по реализации технологических схем (рис. 62, 63) показали различия в свойствах веб-картографического изображения и удобстве пользования окном взаимодействия веб-сервиса. Так, при применении MapServer веб-картографическое изображение представляет собой статичное растровое представление данных, визуализация которых основана на информации из файлов *.map и *.html. Интерфейс клиентской стороны содержит ограниченный набор функциональных возможностей работы с картой, однако достаточен для решения основных задач картографического мониторинга. Тем не менее тестирование выявило потребность пользователей в расширении интерактивных функций веб-картографического изображения и интерфейса.



а) *б)*

1 – заголовок карты; *2* – веб-картографическое изображение; *3* – панели переключения слоев и навигации по карте; *4* – графический масштаб и условные обозначения; *5* – статистические данные в табличной форме; *6* – выходные данные; *7* – график количества вынесенных в натуру ПГН; *8* – график объема подготовительных работ; *9* – график отработки физических наблюдений; *10* – график количества размотанных сейсмоприемников

Рисунок 66 – Окно взаимодействия и компоненты веб-сервиса на основе MapServer для картографического мониторинга: *а)* топографо-геодезических работ (для МОГТ 2D); *б)* сейсморазведочных работ (для МОГТ 3D)

Переход к технологической схеме использования Leaflet и PostgreSQL (рис. 63) позволил модернизировать подсистему хранения данных и клиентскую часть веб-сервиса. Исходные пространственные данные хранятся в таблицах СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS, доступны для обновления через ГИС. С использованием указанных технологий веб-сервис приобретает черты геопространственного мэшапа, объединяя собственные пространственные данные с многочисленными источниками информации с удаленных веб-серверов.

На рис. 67 представлен картографический блок веб-сервиса на базе открытого программного обеспечения: СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS и библиотеки Leaflet. Клиентской частью выступает файл разметки веб-страницы PHP, сформированный на базе HTML5, CSS3 и JavaScript. Серверная часть реализована с помощью Apache HTTP Server. Особенности работы с пользовательскими проекциями, применения плагинов Leaflet для обеспечения интерактивных функций интерфейса веб-сервиса, а также технические решения по визуализации большого массива точечных объектов рассмотрены в статье автора [129].

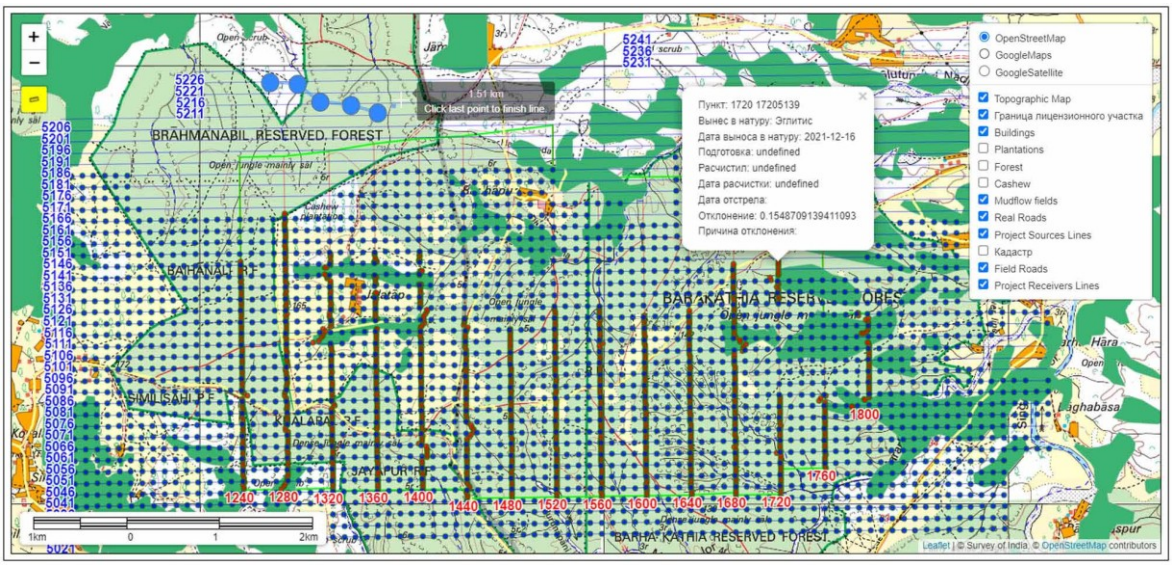


Рисунок 67 – Картографический блок веб-сервиса для территории полевых работ: *а)* в штате Одиша, Республика Индия (базовый слой – топографическая карта Open Series Map масштаба 1:50 000)

7.1.4 Апробация веб-сервисов картографического мониторинга полевых геофизических исследований

Технологические схемы реализации концептуальной модели картографического мониторинга апробированы при проведении полевых сейсморазведочных работ методом общей глубинной точки двумерной и трехмерной модификации (МОГТ 2D/3D). Работы выполнялись на региональном и поисково-оценочном этапах ГРР в полевых сезонах 2015–2022 гг. в субъектах Российской Федерации и Республики Индия (табл. 19).

Таблица 19 – Характеристика полевых сейсморазведочных работ для апробации веб-сервисов картографического мониторинга

Полевой сезон	Регион	Тип расстановки, объем работ	Пункты приема, шт.	Пункты возбуждения, шт.
MapServer				
2015/2016	Архангельская область	3D, 100 кв. км	10 470	6912
2016/2017	Амурская область	3D, 163 кв. км	19 584	11 258
2017/2018	Самарская область	3D, 190 кв. км	33 906	13 260
2017/2018	Ханты-Мансийский автономный округ	2D, 300 пог. км	13 807	6021
2017/2018		2D, 200 пог. км	10 370	4016
2018/2019		2D, 150 пог. км	6806	3016
2019/2020	Томская область	3D, 170 кв. км	18 560	14 166
2019/2020		2D, 280 пог. км	8122	8096
PostgreSQL и Leaflet				
2019/2020	Красноярский край	3D, 284 кв. км	26 890	19 222
2020/2021	Красноярский край	2D, 1000 пог. км	18 536	17 392
2021/2022	Штат Одиша, Индия	3D, 27 кв. км	36 440	2 237

Доступ к веб-сервисам осуществлялся как на настольных компьютерах, так и на мобильных устройствах без необходимости установки дополнительного программного обеспечения посредством перехода по ссылке на веб-страницу. Ссылки на веб-сервисы состоят из IP-адреса сервера, порта подключения и названия файла разметки веб-страницы формата PHP, соответствующего проекту. В течение всего времени полевых работ ссылки были доступны руководству и инженерно-техническому составу сейсмических партий (топографо-геодезический, сейсмический, буровзрывной отряды). Таким образом, по числу пользователей веб-сервисы являются корпоративными.

Структура веб-сервиса представлена двумя взаимосвязанными веб-страницами, которые визуализируют данные о ходе выполнения топографо-геодезических и сейсморазведочных работ (рис. 66). Первая веб-страница предоставляет сведения для оценки скорости работы топографо-геодезических отрядов

по выносу в натуру проектных ПГН и для выявления участков территории, готовых к выполнению непосредственно сейсморазведочных работ. Сведения второй веб-страницы способствуют отслеживанию готовности профилей к прохождению специализированной техники, контролю установки приемного оборудования и оценке объемов выполнения работ по возбуждению сигнала.

Информационная основа картографического блока веб-страниц представлена типовыми базовыми и динамическими слоями. Для каждого веб-сервиса были использованы различные источники данных в зависимости от физико-географических особенностей территории работ, вида решаемых задач, технических требований к проведению работ и других факторов. Подробно общий состав слоев и их источники охарактеризованы в статье автора [129].

В ходе апробации установлено: эффективность использования картографического веб-сервиса напрямую зависит от оперативности выполнения ряда мероприятий, а именно от обработки геодезической информации (обработка и уравнивание сети, расчет фактических координат ПГН), соблюдения структуры отчетной таблицы и правил отправки электронного письма на почтовый сервер. Тем не менее, вышеуказанные веб-технологические решения позволили:

– повысить уровень картографического обеспечения полевого этапа ГГИ;

– автоматизировать подготовку ежедневных отчетных картографических материалов;

– обеспечить оперативный доступ к отчетной информации и другим пространственным данным без использования специализированного программного обеспечения;

– сопроводить принятие хозяйственно-управленческих решений по предупреждению нарушения сроков проведения полевых работ (в том числе планирование оптимальных маршрутов передвижения полевого состава и геофизического оборудования в зависимости от физико-географических условий местности);

– оптимизировать контроль за деятельностью полевых отрядов для выполнения каждого этапа работ в соответствии с календарным планом;

– повысить уровень коммуникации между полевыми отрядами и административным аппаратом, включая представителей контролирующей организации от заказчика.

7.2 Разработка технологических решений картографического обеспечения камеральных этапов геофизических исследований на основе веб-технологий

7.2.1 Структура окна взаимодействия веб-сервисов: схемы и формализация их выбора

Модернизация картографического обеспечения полевой фазы ГГИ показала значимость проектирования структуры окна взаимодействия картографического веб-сервиса – совокупности взаимодействующих между собой веб-страниц [120]. На структуру окна взаимодействия картографического веб-сервиса оказывают влияние следующие основные факторы:

– количество *объектов исследования (площадей)*, в пределах которых выполняются ГГИ. Картографическое изображение может содержать пространственные границы одной или нескольких площадей различного уровня, в пределах которых выполняются ГГИ (лицензионный участок недр, осадочный бассейн или его части, произвольный контур и др.). В случае необходимости анализа отдельно каждой площади структура веб-сервиса может быть представлена серией веб-страниц, на которых отображается один объект исследования. Взаимосвязь между такими веб-страницами может быть организована через взаимные гиперссылки и/или через начальную веб-страницу, где показаны все объекты исследования;

– количество *тематик*, к которым относятся публикуемые слои пространственных данных. Информационный состав слоев веб-страницы зависит от потребности в раздельном или комплексном отображении пространственных данных различной тематики. Так, картографическая визуализация данных несейсмических методов геофизической разведки и геофизических исследований скважин может быть востребована только у соответствующих специалистов. Тем не менее

совокупность таких тематических веб-страниц может составлять их серию, доступ к которой организован через начальную веб-страницу. В случае необходимости отображения всех данных на одной веб-странице (например, в целях комплексной интерпретации геолого-геофизических данных) может быть использована слоевая структура данных без деления на тематические веб-страницы.

Сочетания состояний двух факторов образуют различные варианты структуры окна взаимодействия веб-сервиса (рис. 68). Схемы основных структур, а также дополнительных структур, в которых начальная веб-страница используется в качестве связующего звена, представлены на рис. 69. Методические рекомендации по использованию каждой структуры рассмотрены ниже на примере подготовки картографического веб-сервиса камеральных геофизических исследований (далее – камеральных работ).

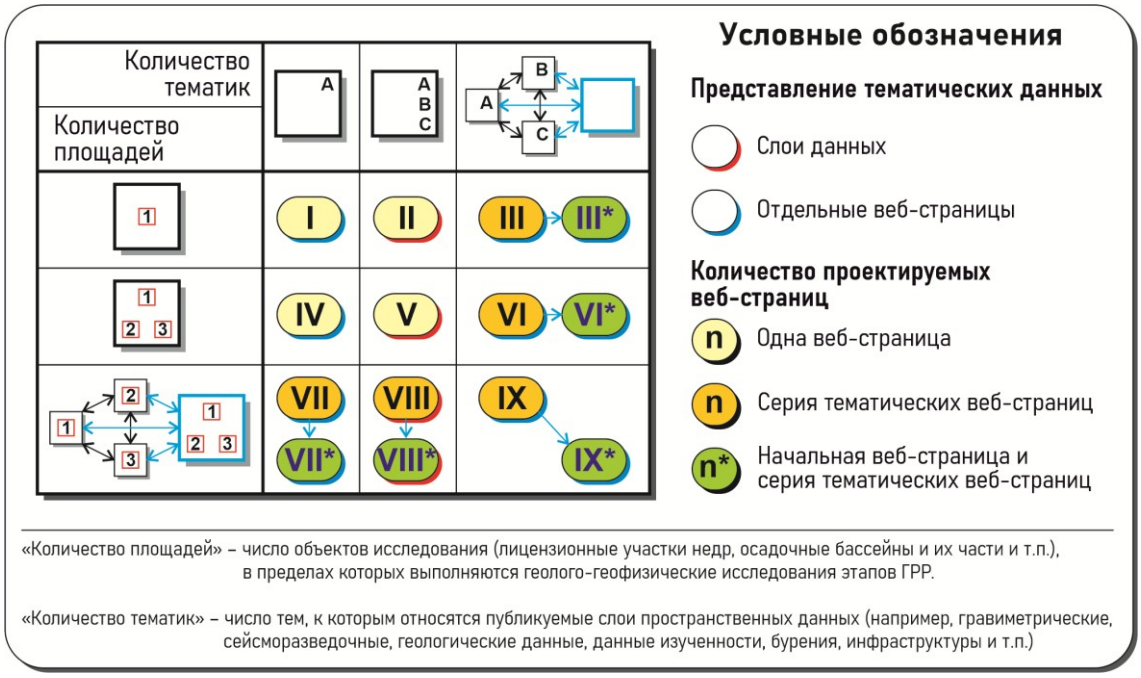


Рисунок 68 – Матрица вариантов структур окна взаимодействия

Окно взаимодействия, состоящее из одной веб-страницы (рис. 69, схемы I, II, IV, V), предпочтительно при отсутствии требований по разделению тематических слоев на отдельные веб-страницы. Веб-сервисы с такой структурой, как правило, применяются для картографического обеспечения полевых и камеральных работ поисково-оценочного этапа ГРР на одном локальном участке (рис. 69, схе-

мы I, II), а также в рамках регионального изучения осадочных бассейнов или их отдельных частей (рис. 69, схемы IV, V). При этом данные на веб-странице отображаются по одной теме (рис. 69, схемы I, IV) или слоями разной тематики (рис. 69, схемы II, V), а стадия ГРР фактически влияет только на масштабный уровень веб-картографического изображения.

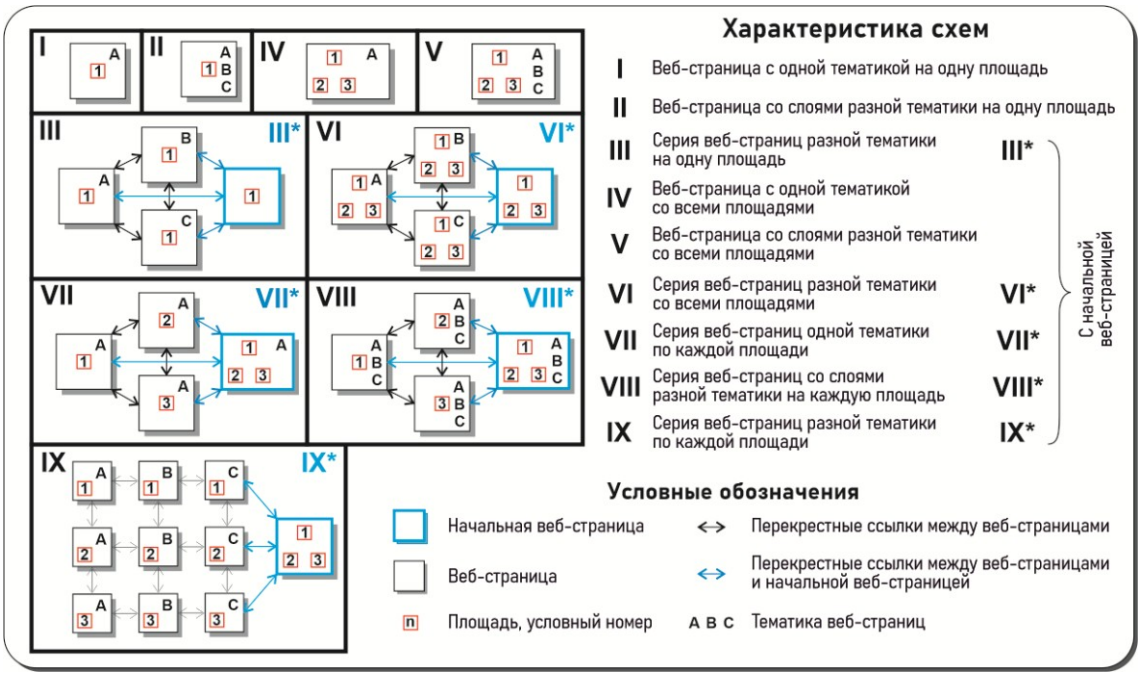


Рисунок 69 – Схемы структур окна взаимодействия веб-сервиса

Существенное увеличение количества веб-страниц и усложнение подготовки веб-сервиса наблюдаются при необходимости отображения на одной веб-странице каждой площади из комплекса объектов исследований (рис. 69, схемы VII, VIII, IX). Расширение состава веб-сервиса также наблюдается при отображении тематических слоев данных на отдельных веб-страницах (рис. 69, схемы III, VI). В таких случаях веб-сервис приобретает черты веб-атласа, поскольку веб-страницы представляют собой собрание тематических пространственных данных, непосредственно используемых той или иной рабочей группой специалистов. Например, тематические веб-страницы могут содержать данные о геолого-геофизической изученности (для подготовки запросов в фондовые организации), о результатах анализа распределения потенциальных полей (для уточнения геологической, петрофизической модели), о транспортной и технологической инфра-

структуре нефтегазового комплекса (для оценки ресурсной базы, моделирования обустройства месторождения). При реализации указанных схем достаточно создать серию тематических веб-страниц, связанных между собой взаимными перекрестными ссылками, для одного (рис. 69, схема III) или нескольких объектов исследования (рис. 69, схемы VI, IX), или для каждой площади в составе комплекса объектов (рис. 69, схемы VII, VIII, IX).

При определении перспектив нефтегазоносности, анализе геологического строения частей осадочных бассейнов предусматривается комплексная оценка объекта исследования на основе результатов, полученных отдельными рабочими группами специалистов. В этой связи важно предусмотреть наличие связующей начальной веб-страницы, где не только фиксируется географическое положение одного (рис. 69, схема III*) или нескольких объектов исследования (рис. 69, схемы VI*, VII*, VIII*, IX*), но также представлены пространственные данные, характеризующие основные итоги специальных исследований и требующие внимания других рабочих групп. Таким образом, начальная веб-страница выступает как средство диалога о результатах рабочих групп, а ее содержимое позволяет внести соответствующие правки как в собственные умозаключения, так и в итоговый результат. Для корректной работы в состав слоев следует включать наборы пространственных данных, общие для всех веб-страниц и индивидуальные для каждой тематической веб-страницы. В результате каждая рабочая группа в рамках веб-страницы обеспечивается однотипным набором исходных внешних и внутренних данных, а также набором специальных данных, не требующих отображения на общей карте.

В целях формализации подготовлен граф выбора структуры в зависимости от количества объектов исследований, требований к публикации тематических данных на одной или нескольких веб-страницах, а также необходимости начальной веб-страницы как общего окна доступа к пространственным данным для отдельных рабочих групп специалистов (рис. 70). Апробация решения представлена в подразд. 7.2.3.

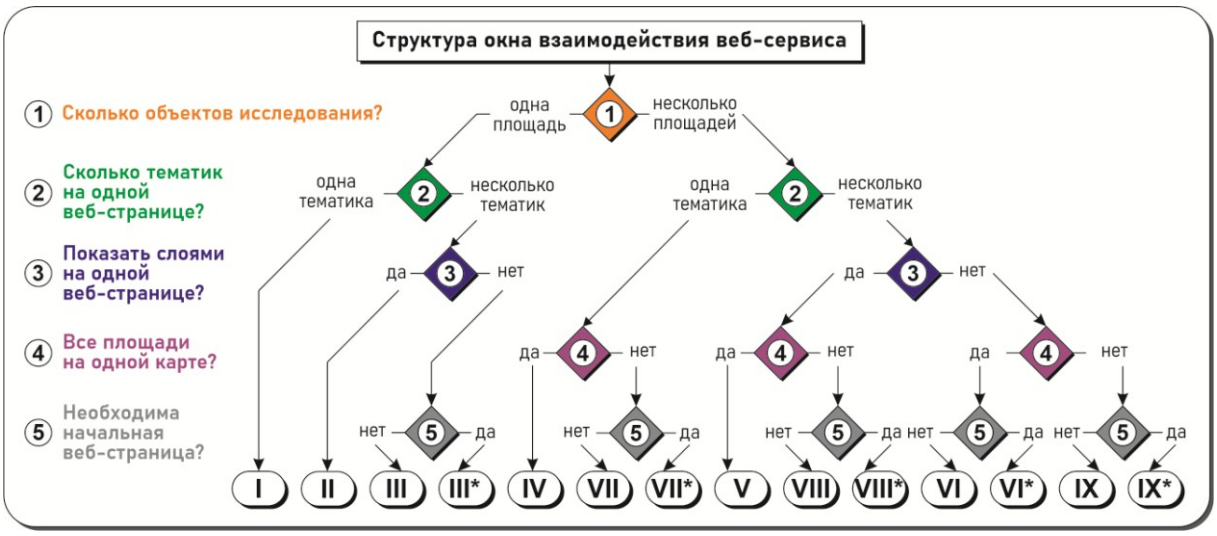


Рисунок 70 – Граф формализованного выбора структуры окна взаимодействия веб-сервиса

7.2.2 Веб-картографическое изображение: состав и особенности выбора пространственных данных

Веб-картографическое изображение – основной элемент окна взаимодействия картографического веб-сервиса, не только составляющий информационное содержание веб-сервиса, но также предоставляющий интерактивные возможности взаимодействия с пространственными данными. Тематическое содержание веб-картографического изображения предстает в виде двух функциональных групп слоев пространственных данных – базовых и динамических. Под базовым слоем (другие названия – «базовая карта», «базовая подложка», «картографическая подложка») понимается фоновая картографическая основа, на которую в процессе работы может быть нанесена (активирована) совокупность динамических слоев (иные наименования – «рабочие слои», «тематические слои»), состав которых можно оперативно изменять.

В качестве базовых слоев используются данные, которые не предполагают одновременной активации, а ориентируют пользователя относительно местоположения объекта исследований. Помимо общегеографических данных, в качестве базовых слоев предпочтительно использовать растровые геологические и геофизические карты. При публикации применяется технология тайлинга – нарезки

геопривязанного растрового изображения или векторных слоев на фрагменты заданного размера (тайлы) для разных масштабных уровней.

Основа динамических слоев – данные в векторном формате, которые позволяют получить атрибутивную информацию об объектах. Динамическими слоями могут являться и растровые изображения, включая картографические материалы из научных публикаций, по содержанию не предназначенные для использования в качестве базовых слоев, но формирующие понимание геологического строения объекта исследования и других его характеристик.

На рис. 71 представлен граф определения функционального назначения пространственных данных и выбора способа их обработки при подготовке информационного содержания картографического веб-сервиса. На принятие той или иной стратегии влияет исходный формат, а также необходимость получения атрибутивных характеристик объектов.

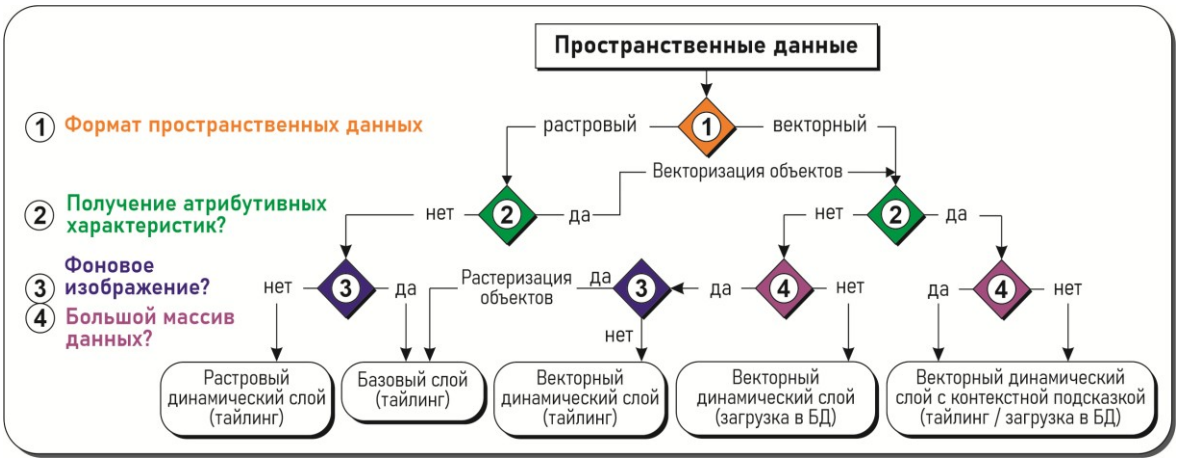


Рисунок 71 – Граф выбора функционального назначения пространственных данных и способа их обработки при подготовке веб-картографического изображения

Рассмотренные функциональные группы слоев пространственных данных формируют исходный объем картографической информации, который доступен при открытии веб-сервиса. Совокупность активированных по умолчанию одного базового и группы динамических общегеографических и тематических слоев пространственных данных представляет собой первичное веб-картографическое изображение. Важно понимать, что его наглядность и удобочитаемость могут существенно снизиться, если автоматически отображать все имеющиеся слои данных.

В этой связи первоначально должен быть добавлен слой с границами объекта исследования для ориентирования пользователя в пространстве. Включение остальных слоев по умолчанию (например, ПГН, тектонические разломы) зависит от задач и масштаба исследования, а также от востребованности того или иного массива данных всеми группами пользователей.

Важная роль при публикации данных в составе веб-картографического изображения отводится оформлению. Системный подход к картографическому обеспечению предполагает картографическую визуализацию динамических слоев в тех же условных обозначениях, что и в ГИС-проекте. В меньшей степени контролю подлежит оформление растровых картографических материалов. Исключение составляют собственные карты, созданные ранее в ГИС. Качество и детальность таких изображений можно регулировать в целях обеспечения визуального анализа на разных масштабных уровнях веб-сервиса.

В табл. 20 представлены методические рекомендации по выбору параметров первичного веб-картографического изображения, включая масштабный уровень, состав базовых и динамических слоев, в зависимости от этапа ГРР и объекта исследования. Рекомендации распространяются на все страницы, которые составляют структуру веб-сервиса.

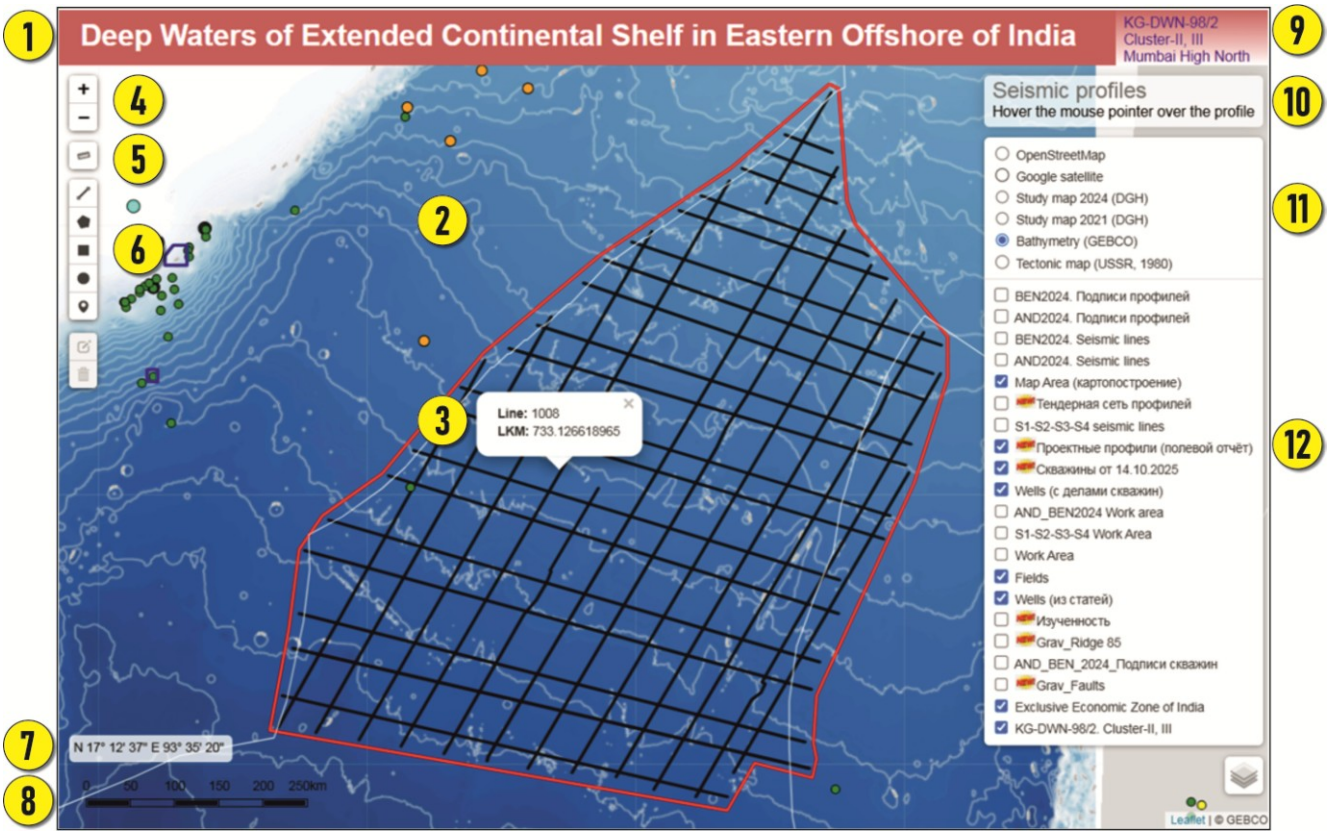
Таблица 20 – Выбор параметров первичного веб-картографического изображения для веб-сервиса камеральных работ [120]

Этапы и стадии ГРР (масштабы работ)	Объекты исследования	Рекомендуемые параметры первичного веб-картографического изображения		
		Масштабные уровни	Базовый слой	Динамические слои
Региональный этап: прогноз нефтегазоносности (1 : 1 000 000 – 1 : 200 000; 1 : 200 000 – 1 : 50 000)	Осадочные бассейны и их части	8 – 12	Общегеографический сервис / мелкомасштабная тектоническая, геологическая карта (1 : 1 000 000 и мельче) / данные ДЗЗ среднего разрешения	Границы осадочных бассейнов, их частей, контур работ, геолого-геофизическая изученность
Региональный этап: оценка зон нефтегазонакопления (1 : 100 000 – 1 : 25 000)	Нефтегазоперспективные зоны и зоны нефтегазонакопления	12 – 14	Общегеографический сервис / геологическая карта (1 : 200 000) / данные ДЗЗ среднего разрешения	Границы зон, контур работ, профили геофизических наблюдений, поисковые скважины

Этапы и стадии ГРР (масштабы работ)	Объекты исследования	Рекомендуемые параметры первичного веб-картографического изображения		
		Масштабные уровни	Базовый слой	Динамические слои
Поисково-оценочный этап: выявление объектов поискового бурения (1 : 50 000 – 1 : 10 000)	Районы с установленной или возможной нефтегазоносностью	14 – 15	Геологическая карта / государственная топографическая карта (1 : 100 000 – 1 : 50 000) / данные ДЗЗ высокого разрешения	Контур работ, профили геофизических наблюдений, поисковые скважины
Поисково-оценочный этап: подготовка объектов к поисковому бурению. Поиск и оценка месторождений (залежей) (1 : 10 000 и крупнее)	Выявленные ловушки. Подготовленные ловушки, открытые месторождения (залежи)	15 – 17	Государственная топографическая карта (1 : 25 000) / данные ДЗЗ высокого разрешения	Контур месторождения (залежи), поисковые скважины
Разведочный этап: разведка и пробная эксплуатация (1 : 10 000 и крупнее)	Промышленные месторождения (залежи)	15 – 18	План местности / данные ДЗЗ высокого разрешения	Поисковые и разведочные скважины, контур месторождения (залежи), транспортная и технологическая инфраструктура

7.2.3 Апробация веб-сервисов картографического мониторинга камеральных геофизических исследований

Научно-методические основы подготовки структуры окна взаимодействия веб-сервиса и веб-картографических изображений применены при картографическом обеспечении камеральных работ на различных этапах ГРР. Веб-сервисы созданы на основе открытого программного обеспечения СУБД PostgreSQL с модулем пространственной обработки данных PostGIS, JavaScript-библиотеки Leaflet (версия 1.5.1), HTML5, CSS3 и веб-сервера Apache HTTP Server. Типовой графический пользовательский интерфейс и компоненты веб-сервиса представлены на рис. 72. Источником данных для базовых и динамических слоев веб-картографического изображения служит ГИС-проект, в котором в соответствии с технологической схемой единой подготовки ГИС-проектов и картографических веб-сервисов (рис. 24) ранее были систематизированы внешние и внутренние пространственные данные.



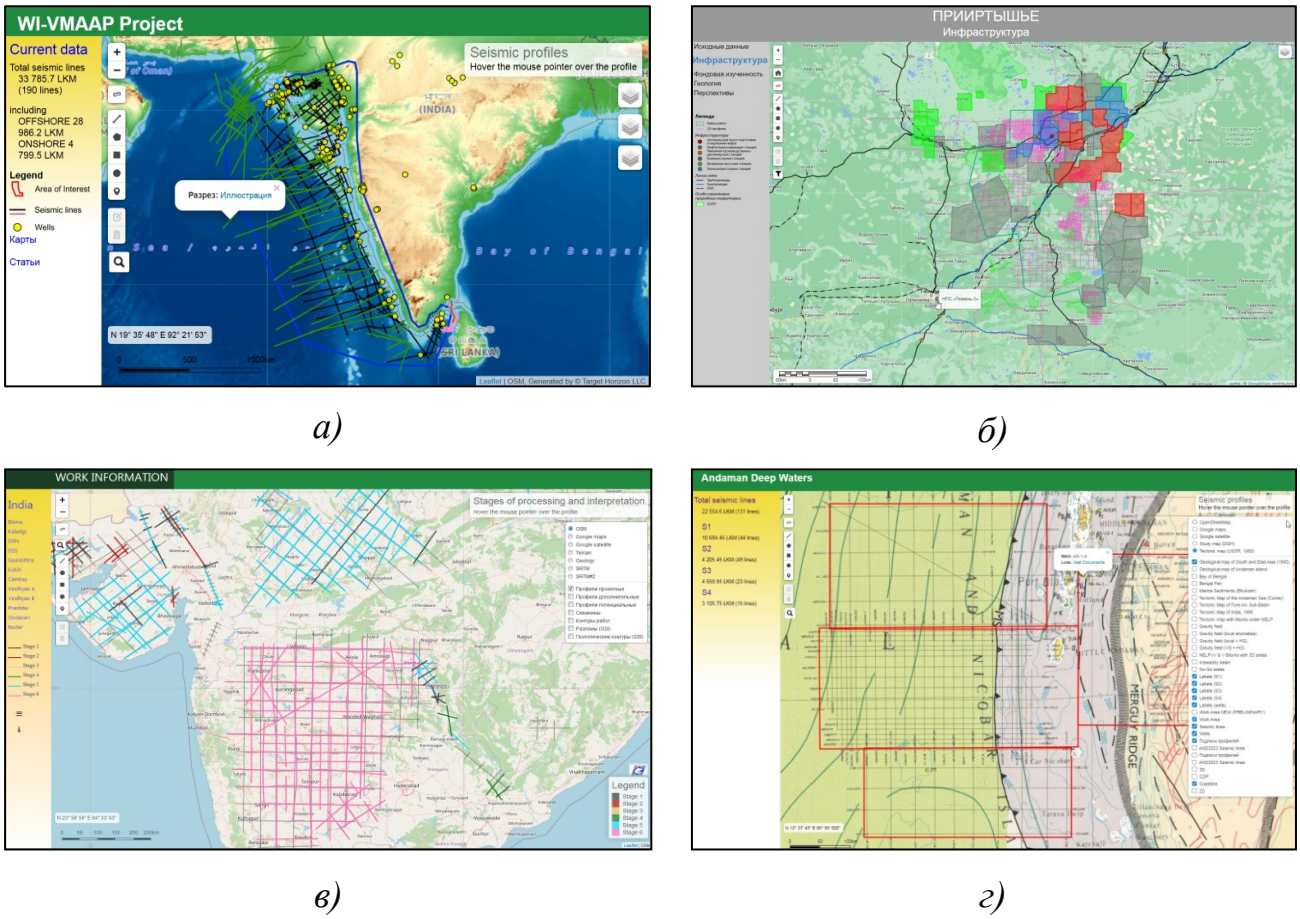
1 – заголовок карты; *2* – веб-картографическое изображение (фоновое изображение – батиметрические данные GEBCO); *3* – контекстная подсказка; *4* – операторы масштабирования; *5* – операторы измерений расстояний и площадей; *6* – операторы создания временных геометрических объектов; *7* – обозначение географических координат курсора мыши; *8* – обозначение графического масштаба; *9* – гиперссылки для перехода на веб-страницы с другими объектам исследования; *10* – динамическая информация о сейсмических профилях; *11* – базовые слои; *12* – динамические слои

Рисунок 72 – Графический пользовательский интерфейс веб-сервиса картографического обеспечения камеральных ГГИ

В зависимости от территории работ для подготовки первичного веб-картографического изображения использовался различный масштабный уровень. Основной принцип – показать все объекты в пределах одного окна веб-страницы. В случае проведения ГГИ на обширном участке работ масштабный уровень подбирался для фокусирования внимания пользователей на области, где имеются перспективные объекты (в случае камеральных работ) и/или в данный момент сосредоточены основные производственные мощности полевой партии (при полевых работах). Детальная характеристика некоторых подготовленных веб-сервисов и ГРР, для которых выполнялось картографическое обеспечение, дана в табл. 21.

Таблица 21 – Характеристика веб-сервисов, подготовленных для картографического обеспечения некоторых камеральных работ

Характеристика ГРР		Характеристика веб-сервисов	
Регион. Год работ	Основные задачи	Назначение	Схема структуры интерфейса. Масштабный уровень
Региональный			
Западная континентальная окраина шельфа полуострова Индостан. 2021/2022	Комплексная переинтерпретация сейсмических, гравиметрических и скважинных данных. Оценка углеводородного потенциала акватории исследования, предложение мест для разведки	Обеспечение внутреннего доступа к пространственным данным	II 5.5 (рис. 73, *а*)
Прииртышская зона Западной Сибири, РФ. 2019/2020	Переинтерпретация ретроспективных сейсмических и скважинных данных. Изучение геологического строения, формирование программы доизучения потенциально перспективных территорий	Обеспечение внутреннего доступа к пространственным данным группам специалистов	III* (I) 7 (рис. 73, *в*)
Региональный. Поисково-оценочный			
Неосвоенные районы 9 сухопутных осадочных бассейнов Республики Индия. 2018–2021	Обработка и интерпретация полевых сейсморазведочных данных 2D. Уточнение строения осадочных бассейнов, оценка перспективности и предложение мест для разведки	Обеспечение внутреннего доступа к пространственным данным. Мониторинг выполнения этапов обработки сейсморазведочных данных	VIII* (II, V, VIII) 8 и 9 (рис. 73, *б*)
Поисково-оценочный			
Андаманские глубоководные районы восточного побережья полуострова Индостан. 2022/2023	Обработка и интерпретация морских широкополосных сейсмических данных МОГТ 2D для оценки перспективности и предложения мест для разведки	Обеспечение внутреннего доступа к пространственным данным	VII* (I, IV) 7.5 (9) (рис. 73, *г*)
Угольное месторождение, штат Одиша, Республика Индия. 2021	Обработка сейсмических данных МОГТ 2D для изучения угольного месторождения	Мониторинг выполнения этапов обработки сейсморазведочных данных	I 14



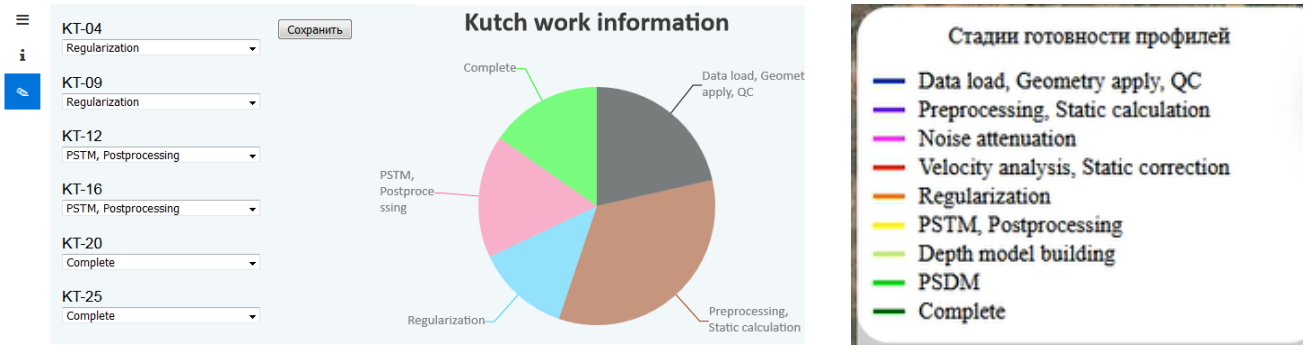
а) *б)*

в) *г)*

Рисунок 73 – Окно взаимодействия некоторых разработанных веб-сервисов с базовыми слоями: *а)* OpenStreetMap; *б)* OpenTopoMap; *в)* GoogleMaps; *г)* карта приразломной тектоники юга Азии (Зарубежгеология, 1980)

Технологии Leaflet позволяют в зависимости от задач ГРР дополнить графический пользовательский интерфейс блоками статистической информации, интерактивного ввода данных для изменения содержания и оформления пространственных данных. Так, разработанный модуль (рис. 74, *а*) использовался для ввода данных о стадийности обработки и об интерпретации профилей ГГИ [299]. Результат – изменение статистической информации на графиках, цвета профиля в соответствии со статусом работ (рис. 74, *б*).

В ходе подготовки веб-сервисов были верифицированы актуализированные компоненты концепции «реальные и виртуальные карты» (см. табл. 11). Сопоставление R/V-преобразований с процедурами подготовки веб-сервиса на примере камеральных работ подробно рассмотрено в исследовании автора [294].



а) *б)*

Рисунок 74 – Модуль ввода информации о стадийности обработки сейсморазведочных данных: *а)* форма внесения данных и круговая диаграмма статуса профилей; *б)* условные обозначения для визуализации стадий готовности профилей

В результате апробации технологических решений по подготовке веб-сервисов достигнуты задачи Программы (рис. 40). Новые цифровые картографические продукты позволили:

– повысить уровень реализации картографического обеспечения камеральных этапов ГГИ;

– организовать единый пункт доступа к пространственным данным, относящимся к камеральной обработке и интерпретации геолого-геофизических данных;

– обеспечить доступ к тематическим данным без координатной привязки (например, к изображениям первичных и интерпретированных геолого-геофизических разрезов из литературных источников и научных публикаций, текстовым частям дел скважин и др.) через интерактивное взаимодействие с объектами слоев геообразов единиц хранения данных (см. подразд. 6.1.1, 6.3.2);

– выполнять визуальный и инструментальный анализ данных, комбинировать тематические данные с открытыми источниками в веб-среде без использования СПК и ГИС, уменьшая временные затраты специалистов на сопоставление различных источников информации в контексте комплексного изучения объекта исследования;

– комплексно решать разнородные задачи (например, выявлять взаимосвязи морфологического строения морского дна, аномалий гравитационного поля и

границ тектонических элементов, определять близость действующих объектов инфраструктуры нефтегазового комплекса к выявленным потенциально перспективным территориям/акваториям и т. п.);

– обеспечить взаимодействие рабочих групп коллектива отраслевых специалистов при выполнении хозяйственно-договорных работ (рис. 75), при организации совещаний и презентаций результатов для представителей контролирующей организации от заказчика работ.



а) *б)*

Рисунок 75 – Использование веб-сервиса: *а)* рабочей группой камеральных работ; *б)* в полевых условиях на мобильном устройстве

7.3 Технико-методические вопросы обеспечения веб-картографического доступа к архиву изученности геолого-геофизическими работами организации

7.3.1 Технологическое решение подготовки веб-сервиса архива изученности в ходе геолого-геофизических работ организации

Возобновление ГРР на ранее освоенных территориях предполагает вовлечение геолого-геофизических данных, находящихся в государственных архивах, а также архивах подрядных организаций. В отрасли имеются примеры корпоративных банков геолого-геофизических данных, основанных на коммерческих программных решениях (СМН, Petrovision, WhereOil, PetroView и др.) и предостав-

ляющих инструменты для ведения каталогов документов, загрузки данных в хранилище как ручным, так и полуавтоматическим способом. Однако фактическое использование подобных продуктов часто не выходит на ожидаемый уровень информационной поддержки ГГИ [117]. Опыт геологических служб стран мира и фондовых организаций, примеры частных веб-приложений систематизации геолого-геофизических данных месторождений [195], мониторинга состояния объектов открытой разработки месторождений полезных ископаемых [188] и др. показывают интерес к разработке геопорталов и веб-сервисов архива изученности, в том числе на основе свободно распространяемого программного обеспечения.

В этой связи для картографического обеспечения заключительного этапа ГГИ – накопления и хранения данных – разработано и апробировано технологическое решение по подготовке веб-сервиса архива изученности геолого-геофизическими работами отраслевых организаций (рис. 76). Его базой стали рассмотренные научно-методические основы подготовки веб-сервисов для картографического обеспечения полевых и камеральных работ (подразд. 7.1, 7.2); принципы проектирования, ориентированного на пользователя [316; 317]; анализ существующих веб-сервисов геолого-геофизической изученности геологических служб и фондовых организаций разных стран [297; 299]; производственный опыт работы автора с проприетарными средствами ведения архива организаций-недропользователей.

Технологическое решение включает блоки систематизации архива, подготовительных работ, разработки веб-сервиса и его использования, состав которых подробно рассматривается в статье автора [107].

Блок «систематизация архива». Предполагает систематизацию исходных информационных элементов веб-сервиса: каталоги изученности и массив пространственных данных архива изученности. Состав и особенности формирования указанных элементов рассмотрены в подразд. 6.3.2 и публикации автора [107].

Блок «подготовительные работы». Направлен на решение концептуальных и технических вопросов, в том числе на разработку концепции веб-сервиса, подготовки документов к публикации, веб-картографического изображения, карто-

графической визуализации массива пространственных данных архива. Цель веб-сервиса – обеспечить сотрудникам организации доступ к архиву, пространственный и атрибутивный анализ данных геолого-геофизической изученности территории работами организацией.



Рисунок 76 – Технологическое решение по подготовке картографического веб-сервиса архива геолого-геофизической изученности территории организацией

Центральный элемент взаимодействия пользователя с данными – веб-картографическое изображение, в основе которого массив пространственных данных (см. подразд. 6.3.2), который характеризует географическое положение объектов ГГИ (пространственные данные объектов недропользования: лицензионные участки недропользования, границы и профили ГГИ, скважины) и реализует функцию посредника между пользователем и единицами хранения архива (рис. 77).

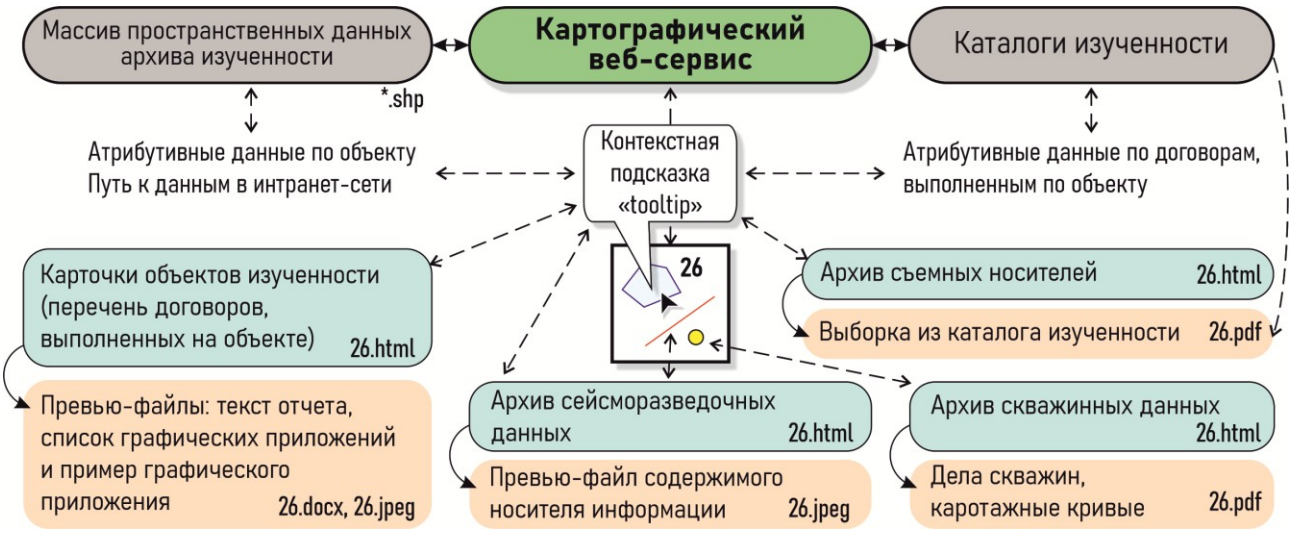


Рисунок 77 – Структурные элементы информационного содержания веб-сервиса архива геолого-геофизической изученности

В техническом плане функция выражается вызовом контекстной подсказки, в которой отображаются атрибутивные данные по объекту (название участка, номер лицензии и др.) и по отчетным документам ГГИ. Кроме того, через пространственные данные предусматривается обращение к отдельным веб-страницам (аналогам учетных карточек объектов изученности архива фондовых организаций), которые содержат подробные сведения об объекте учета архива и гиперссылки на превью-файлы отчетных документов (фрагменты текстовых отчетов, список графических приложений к отчету, пример графического приложения) [107].

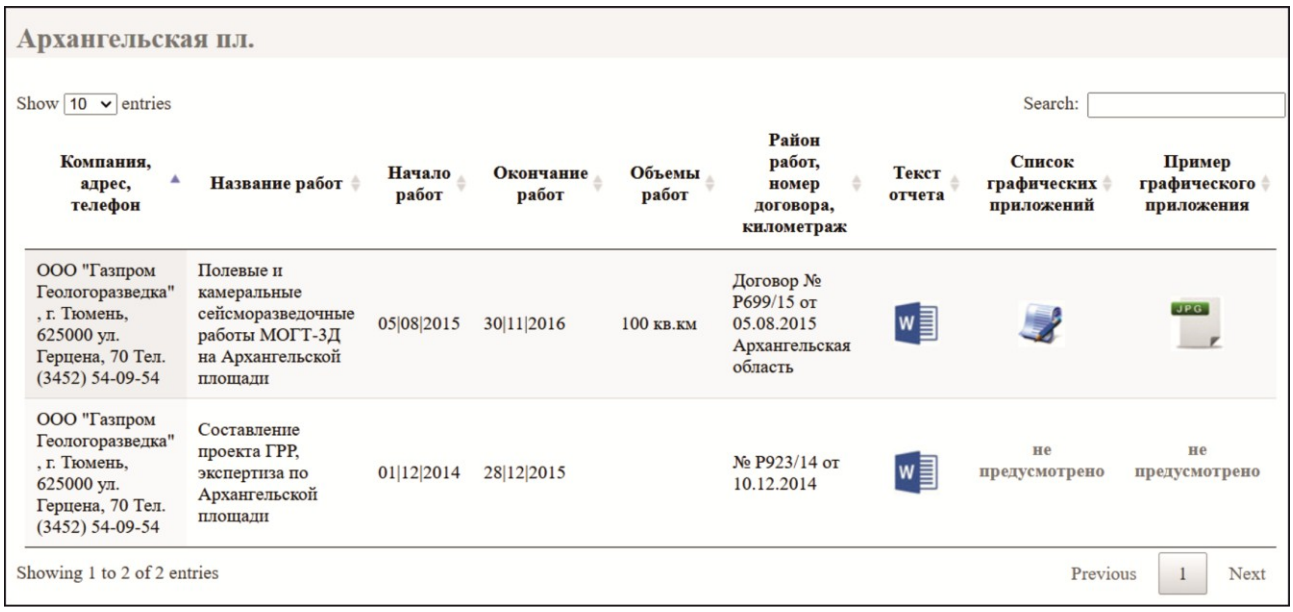
Для реализации картографической части рассматриваемого блока проанализированы картосемиотические решения по визуализации тематического содержания в существующих геопорталах и нормативных документах. Установлено ис-

пользование цвета для визуального различия объектов по количественным (год, масштаб съемки) и качественным (вид геофизической съемки, тип контура) показателям. С учетом объема массива пространственных данных и статистического распределения значений их площади была принята следующая цветовая классификация по показателю «тип контура»: месторождения, структуры – черный; границы 3D-сейсморазведки – красный; границы 2D-сейсморазведки – зеленый; лицензионные участки – синий; региональные участки (единицы нефтегазогеологического районирования, границы осадочных бассейнов) – желтый. Использование указанных цветовых решений обеспечивает многоплановость картографического изображения, поскольку теплые цвета служат для больших по площади объектов, яркие цвета – для малых объектов. Применение синего цвета для лицензионных участков – самой представительной категории (415 объектов) – позволяет не только выгодно подчеркнуть различия с другими объектами, но и сформировать приятное глазу сочетание цветов, благодаря пространственной дифференциации объектов.

Блок «разработка веб-сервиса». Нацелен на решение технических вопросов: выбор программного обеспечения, настройка веб-сервера, подключение к таблицам базы данных, описание свойств слоев веб-сервиса.

В публикации автора [117] подробно рассмотрена задача разработки и размещения на веб-сервере учетных карточек объектов изученности архива. Единая форма учетных карточек (рис. 78) позволяет автоматизировать внесение информации из базы данных по ключевым идентификаторам объекта массива пространственных данных [107], а одинаковые конструкции в коде веб-страниц вида «имя директории/кодовое название» (рис. 77) обеспечивают автоматическое формирование относительного и (или) абсолютного пути хранения превью-файлов.

Блок «Использование веб-сервиса». Предусматривает собственно выполнение прикладных задач с помощью разработанного веб-сервиса, в том числе визуальный анализ топографической ситуации, транспортной доступности, инфраструктуры; картометрические операции; подготовку производной картографической продукции.



Архангельская пл.

Show 10 entries Search:

Компания, адрес, телефон	Название работ	Начало работ	Окончание работ	Объемы работ	Район работ, номер договора, километраж	Текст отчета	Список графических приложений	Пример графического приложения
ООО "Газпром Геологоразведка" , г. Тюмень, 625000 ул. Герцена, 70 Тел. (3452) 54-09-54	Полевые и камеральные сейсморазведочные работы МОГТ-3Д на Архангельской площади	05|08|2015	30|11|2016	100 кв.км	Договор № Р699/15 от 05.08.2015 Архангельская область			
ООО "Газпром Геологоразведка" , г. Тюмень, 625000 ул. Герцена, 70 Тел. (3452) 54-09-54	Составление проекта ГРР, экспертиза по Архангельской площади	01|12|2014	28|12|2015		№ Р923/14 от 10.12.2014		не предусмотрено	не предусмотрено

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous 1 Next

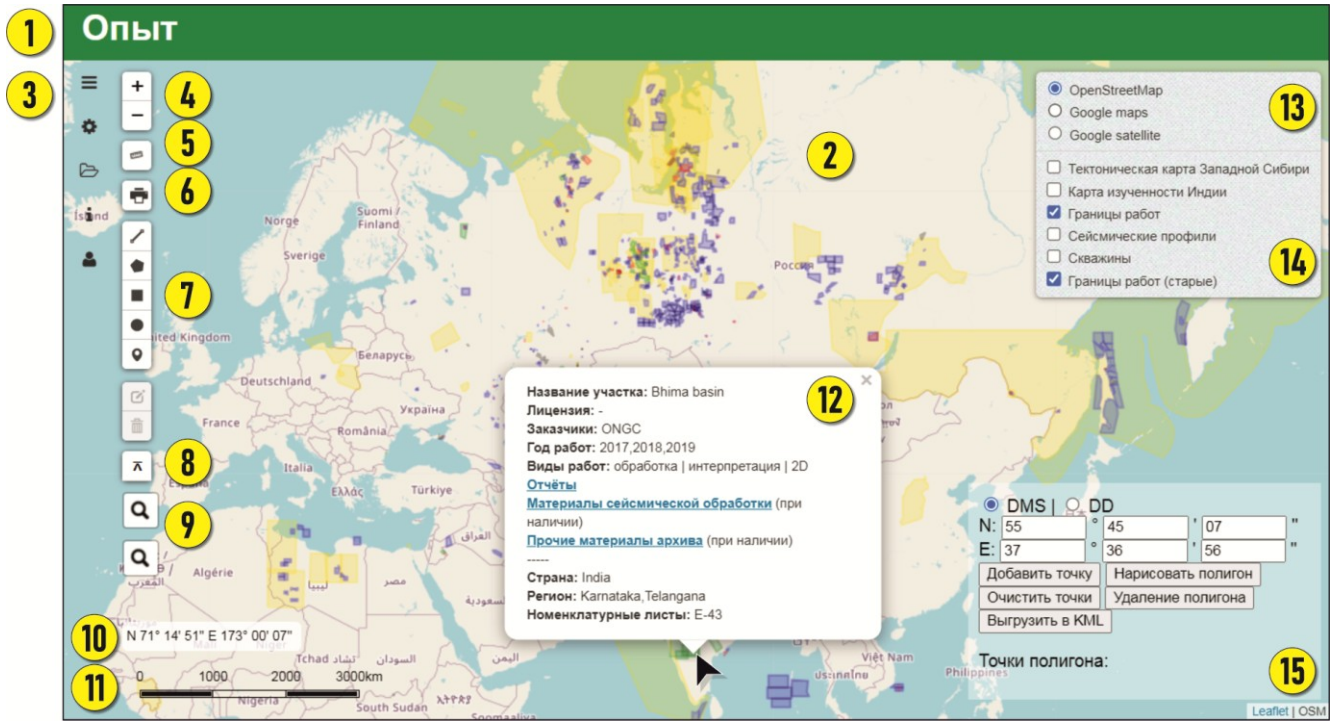
Рисунок 78 – Фрагмент веб-карточки изученности по объекту архива

7.3.2 Апробация веб-сервиса архива изученности в ходе геолого-геофизических работ организации

Апробация технологического решения выполнена в организациях, специализирующихся на полевых и камеральных ГГИ на различных этапах ГРР. Основа веб-сервиса – система управления базами данных PostgreSQL с модулем пространственной обработки данных PostGIS. Технические характеристики аналогичны веб-сервисам для картографического обеспечения камеральных работ (см. подразд. 7.2.3). Графический пользовательский интерфейс представлен на рис. 79.

Веб-сервис, разработанный с учетом принципов проектирования, ориентированного на пользователя, представляет собой цифровой картографический продукт, использование которого не требует специальных навыков работы в среде геоинформационных систем. Основное тематическое содержание веб-сервиса – контуры участков работ, визуализированные согласно указанным ранее принципам. В соответствии с предпочтениями целевой аудитории в информационный состав также включены пространственные данные лицензирования недропользования, административного деления и нефтегазогеологического районирования регионов присутствия организации, растровые геологические карты, цифровые мо-

дели геофизических полей и другие геолого-геофизические материалы. Первичное веб-картографическое изображение визуализировано на масштабном уровне 3 (приблизительно 1 : 74 000 000).



1 – заголовок карты; *2* – веб-картографическое изображение; *3* – информационные подсказки; *4* – оператор масштабирования картографического изображения; *5* – оператор измерений расстояний и площадей; *6* – оператор печати изображения; *7* – оператор создания временных геометрических объектов; *8* – оператор загрузки файлов форматов KML, KMZ; *9* – оператор поиска объектов по ключевым полям; *10* – обозначение географических координат курсора мыши; *11* – обозначение графического масштаба; *12* – контекстная подсказка с гиперссылками на веб-страницы карточек изученности; *13* – базовые слои; *14* – динамические слои; *15* – инструмент создания полигонов по географическим координатам

Рисунок 79 – Графический пользовательский интерфейс веб-сервиса архива геолого-геофизической изученности отраслевыми организациями

Информация о выполненных работах в пределах каждого полигона доступна через контекстную подсказку, которая появляется при нажатии на соответствующий пространственный объект. Подсказка содержит сведения из атрибутивной таблицы базы данных массива изученности. Предусмотрены переходы на следующие виды веб-карточек изученности:

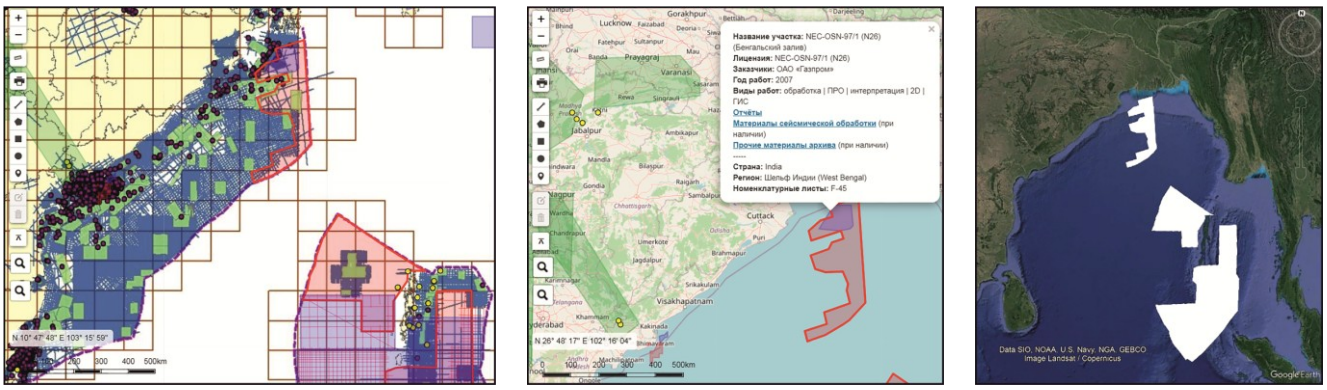
– «отчеты» – таблица с полными сведениями о проектах (название работ, заказчик, даты проведения работ и др.) и ссылками на превью-файлы;

– «материалы сейсмической обработки» – таблица с наименованием носителя сейсморазведочных данных, описанием содержимого, а также предварительным изображением состава носителя информации;

– «прочие материалы архива» – выборка из каталога единиц хранения с номерами бумажных отчетов и электронных носителей, в которых имеется информация по выбранной площади.

По мере детализации масштабного уровня пользователю становятся доступны пространственные объекты линейной и точечной локализации – сеть профилей геофизических наблюдений и устья скважин. При нажатии на объекты появляются фрагменты сейсмических разрезов (в том числе из состава графических приложений к отчетам), скважинные данные, включая ссылки на размещение материалов в интранет-сети организации.

Для расширения функциональных возможностей разработаны дополнительные инструменты загрузки файлов пространственных данных в форматах *.kml, *.kmz (рис. 79, позиция *7*), создания полигональных объектов по серии вводимых координат угловых точек в географической системе координат и их экспорта в файлы форматов *.kml, *.kmz (рис. 79, позиция *14*). Анализ пространственного положения полученного временного объекта (показан красным цветом на рис. 80) в сочетании с другими слоями данных, например с картой изученности (рис. 80, *а*), позволяет выявить пересечения с имеющимися объектами изученности и тем самым оценить опыт сотрудников организации в пределах территории предполагаемых работ. Далее пользователь в интерактивном режиме может получить дополнительную информацию о предшествующих работах с помощью вызова веб-страниц карточек изученности (рис. 80, *б*), самостоятельно подготовить оперативные картографические материалы, создать файлы форматов *.kml, *.kmz и передать их сотрудникам других отделов для загрузки в стороннее программное обеспечение (рис. 80, *в*).



а) *б)* *в)*

Рисунок 80 – Примеры использования инструмента создания временных объектов изученности: *а)* визуальный анализ совместно с картой геолого-геофизической изученности; *б)* просмотр информации о предыдущих исследованиях в районе интереса; *в)* загрузка файла с объектами в Google Earth

Разработанный с учетом принципов проектирования, ориентированного на пользователя, веб-сервис представляет собой цифровой картографический продукт, направленный на картографическое обеспечение ведения архива геолого-геофизической изученности территории отраслевой организацией. Он позволяет:

– повысить уровень картографического обеспечения таких этапов ГГИ, как накопление и хранение информации, анализ геолого-геофизической изученности;

– продлить жизненный цикл результатов ГГИ при выполнении новых ГРР в пределах ранее изученной территории;

– обеспечить доступ к единицам архива через веб-картографическое изображение и массив пространственных данных геолого-геофизической изученности территории организацией;

– оценить геолого-геофизическую изученность района предполагаемых работ и определить наличие материалов в архиве организации;

– упростить коммуникацию между отделами организации;

– выполнять визуальный и инструментальный анализ данных, комбинировать тематические данные с открытыми источниками в веб-среде без использования СПК и ГИС;

– комплексно решать задачи (например, проводить оценку геолого-геофизической изученности, поиск материалов в архиве организации о территории предполагаемых работ; подготовку оперативных картографических материалов для тендерной документации и т. п.).

Таким образом, веб-сервис архива изученности – источник информации, средство коммуникации и обмена данными между сотрудниками отделов отраслевых организаций. При использовании веб-сервиса возможны различные стратегии его развития – от совершенствования функциональных возможностей до приобретения специализированного проприетарного программного обеспечения. В первом случае гибкость и масштабируемость свободного программного обеспечения позволяет самостоятельно расширить функции веб-сервиса. Второй случай предполагает смену программного обеспечения, однако результаты предшествующих действий остаются актуальными и могут стать информационной основой для наполнения проприетарных программных средств.

Выводы по седьмому разделу

По итогам седьмого раздела получены следующие основные результаты:

1) разработанная концептуальная модель картографического мониторинга направлена на оптимизацию производства полевых исследований. Реализация технологических схем подготовки картографических веб-сервисов на основе программного обеспечения с открытым программным кодом позволяет автоматизировать подготовку ежедневных отчетных материалов, оптимизировать выполнение полевых исследований в различных физико-географических условиях на территории Российской Федерации и других стран;

2) согласно научно-методическим основам подготовки веб-сервисов были сформированы методико-алгоритмические решения по выбору структуры графического пользовательского интерфейса и параметров первичного веб-картографического изображения в зависимости от этапа ГРР и объекта исследования. Предложенные и апробированные технологические решения по созданию веб-сервисов картографического обеспечения камеральных работ на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом позволяют оптимизировать работу картографов и отраслевых специалистов с большим количеством пространственных данных для своевременного выполнения камеральных этапов ГРР;

3) для картографического обеспечения заключительного этапа накопления и хранения данных разработано и апробировано технологическое решение по подготовке веб-сервиса архива изученности территории в ходе геолого-геофизических работ организаци. Оно основано на массиве пространственных данных, которые характеризуют географическое положение ассоциированных с ними единиц хранения и реализуют коммуникационную функцию веб-сервиса для взаимодействия пользователя с единицами хранения архива в едином геоинформационном пространстве. Таким образом, разработанный в рамках картографического обеспечения ГРР веб-сервис архива изученности представляет собой универсальное средство продления жизненного цикла результатов ГГИ при выполнении новых работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате диссертационного исследования решена крупная научная проблема приведения методологических принципов КО НТД в соответствие современным концептуальным и технологическим уровнем развития методов картографии и геоинформатики. Предложенные теория и методология легли в основу системы технологических решений по формализации процесса картографического обеспечения, автоматизации цифрового картографического производства и сопровождения принятия решений по цифровым картографическим и геоинформационным продуктам. Достигнута цель исследования: теоретико-методологические основы системы КО НТД разработаны и апробированы на примере недропользования как стратегической отрасли экономики Российской Федерации.

Основные научные и практические *итоги* исследования заключаются в следующих *результатах*:

– выполнены библиографический анализ, систематизация и обобщение отечественного и зарубежного опыта картографического обеспечения природопользования, недропользования и иных сфер научно-технической деятельности. Установлены текущие методологические проблемы и модели взаимодействия с другими видами обеспечения пространственными данными. Периодизация развития отечественного картографического обеспечения позволила систематизировать формы представления его результатов, выявить крупную научную проблему несоответствия методологических принципов картографического обеспечения современному концептуальному и технологическому уровню развития методов картографии и геоинформатики и сформулировать требования к ее решению;

– разработан новый понятийный аппарат, и научно обоснован новый методологический принцип системности КО НТД, рассматривающий его *как систему*, в которой результаты (совокупность цифровых картографических и геоинформационных продуктов) являются частью, и *как процесс*, который осуществляется с помощью взаимодействий компонентов системы. Новый методологический принцип отвечает тенденциям современной картографии, включая ее взаимодей-

ствие с другими областями знаний в текущих условиях цифровизации и интеллектуализации наук о Земле, направлен на сопровождение принятия исследовательских и хозяйственно-управленческих решений с помощью создания и использования цифровых картографических и геоинформационных продуктов;

– сформированы основные положения и концептуальная модель системы КО НТД, которые позволяют описать внутренние законы функционирования и развития картографического обеспечения как динамической системы, устойчивость которой обусловлена взаимодействиями компонентов: «результат», «методы и концепции», «источники данных», «технические средства», «кадровый состав»;

– разработан научно-методический аппарат формализации основных положений системы КО НТД, включающий концептуальные модели единой подготовки цифровых картографических и геоинформационных продуктов в составе картографического обеспечения, методико-алгоритмические решения относительно выбора компонентов системы, оценки уровня практической реализации обеспечения и востребованности картографических работ на этапах научно-технической деятельности. Система технологических решений положена в основу методологии исследования, этапы которого направлены на системную модернизацию цифрового картографического производства и включение в единый цикл вопросов подготовки современных результатов КО НТД с использованием ГИС- и веб-технологий;

– подготовлена система новых технологических решений в области автоматизации цифрового картографического производства, геоинформационного картографирования, визуализации пространственных данных и разработки геосервисов для сопровождения принятия решений при выполнении геологоразведочных работ в недропользовании как стратегической сфере научно-технической деятельности Российской Федерации. Предложенная система картографического обеспечения недропользования способствовала выполнению задач государственных программ прогнозно-минерагенического картографирования, оценки перспектив нефтегазоносности акваторий, полевых и камеральных этапов геолого-

разведочных работ на территории Российской Федерации и за рубежом, а также геоинформационного моделирования геолого-геофизической изученности территории и других задач недропользования.

В результате исследования разработаны теория и методология системы КО НТД, которая *соответствует современному концептуальному и технологическому уровню развития методов картографии и геоинформатики*. На примере недропользования как стратегической отрасли экономики Российской Федерации доказаны значимость и эффективность теоретических и методологических положений исследования, реализуемость системы технологических решений. Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию при развитии НСПД и создании новых форм интеграции сфер научно-технической деятельности с помощью цифровых картографических и геоинформационных продуктов.

Перспективы дальнейших исследований включают расширение области применения полученных результатов при картографическом обеспечении различных сфер научно-технической деятельности, накопление эмпирического материала в ходе использования нового методологического принципа для конкретизации приоритетных направлений развития цифрового картографического производства и его адаптации к текущим потребностям научно-технической деятельности в условиях цифровизации и интеллектуализации отраслей экономики Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Абдуллин, Р. К. Создание базы геоданных для оценки состояния окружающей среды ликвидированного Кизеловского угольного бассейна / Р. К. Абдуллин, О. А. Березина, Н. Г. Максимович // Изв. Тульского гос. ун-та. Науки о Земле. – 2021. – № 3. – С. 39–54.

2 Авдеев, В. А. Возможный вариант формализации интегрированной системы обеспечения пространственными данными / В. А. Авдеев, Л. И. Яблонский // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28. – № 5. – С. 41–50. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-41-50.

3 Алексеев, В. М. Структура кадрового состава предприятий геологической отрасли / В. М. Алексеев, Е. Г. Фаррахов, И. Ф. Вольфсон // Разведка и охрана недр. – 2016. – № 3. – С. 58–62.

4 Алексеенко, Н. А. Актуальные вопросы картографического обеспечения особо охраняемых природных территорий России / Н. А. Алексеенко // Геодезия и картография. – 2019. – № 1. – С. 13–23. – DOI 10.22389/0016-7126-2019-943-1-13-23.

5 Алексеенко, Н. А. Картографическое обеспечение системы особо охраняемых природных территорий России / Н. А. Алексеенко // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2013. – Т. 128. – № 2. – С. 66–69.

6 Алексеенко, Н. А. Методические особенности картографического обеспечения природоохранной деятельности особо охраняемых природных территорий России / Н. А. Алексеенко // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. – 2014. – №1. – С. 52–57.

7 Анашкин, П. А. Особенности формирования геоинформационного обеспечения сервисов НСПД на примере сервиса «Аквакультура» / П. А. Анашкин // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28. – № 6. – С. 5–18. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-6-5-18.

8 Антипов, И. Т. Формализация картографического обеспечения землеустройства, кадастра и мониторинга земель / И. Т. Антипов, В. Н. Москвин,

Д. В. Лисицкий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2–1. – С. 165–168.

9 Антонец, А. В. Анализ транспортной доступности и геологической изученности на основе ГИС-технологий для планирования геологоразведочных работ в Алтае-Саянской складчатой области / А. В. Антонец, А. М. Вахрушев, А. И. Черных // Отечественная геология. – 2021. – № 1. – С. 40–51. – DOI 10.47765/0869-7175-2021-10004.

10 Асанова, Г. З. Картографическое обеспечение при геоэкологическом мониторинге гидрохимической загрязненности водотоков дельты реки Волги / Г. З. Асанова, А. Н. Бармин, Р. В. Кондрашин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2008. – № 2. – С. 58–65.

11 Асланикашвили, А. Ф. Метакартография : основные проблемы / А. Ф. Асланикашвили. – Тбилиси : Мецниереба, 1974. – 125 с.

12 Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса : монография / под ред. В. Г. Бондура. – Москва : Научный мир, 2012. – 556 с. – ISBN 978-5-91522-316-4.

13 Базовые задачи искусственного интеллекта на примере геологоразведки / Е. Н. Черемисина, Е. Ю. Кирпичева, Н. А. Токарева, А. А. Миловидова // Геоинформатика. – 2024. – № 4. – С. 83–92. – DOI 10.47148/1609-364X-2024-4-83-92.

14 Барсукова, Г. Н. Роль Национальной системы пространственных данных в управлении земельными ресурсами, регулировании земельно-имущественных отношений / Г. Н. Барсукова, А. А. Карпенко, Д. С. Пузанова // Московский экономический журнал. – 2025. – Т. 10. – № 1. – С. 57–73. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_1_5.

15 Батуев, А. Р. Картографическое обеспечение регионального развития / А. Р. Батуев : дис. … д-ра геогр. наук : 25.00.33 / Батуев Александр Раднажапович. – Москва, 2003. – 395 с.

16 Белошицкий, А. В. Программное обеспечение для составления абриса при проведении сейсморазведочных работ / А. В. Белошицкий, А. А. Буланкин, Ш. Г. Гарайшин // Геофизика. – № 1. – 2021. – С. 71–77.

17 Берлянт, А. М. Карта – второй язык географии: (Очерки о картографии) / А. М. Берлянт. – Москва : Просвещение, 1985. – 192 с.

18 Берлянт, А. М. Образ пространства: Карта и информация / А. М. Берлянт. – Москва : Мысль, 1986. – 238 с.

19 Берлянт, А. М. Теория геоизображений / А. М. Берлянт. – Москва : Геос, 2006. – 262 с.

20 Бешенцев, А. Н. Информационная концепция картографического метода исследования : Научный доклад / А. Н. Бешенцев. – Москва : Российская академия наук, 2017. – 32 с. – ISBN 978-5-906906-60-1.

21 Билич, Ю. С., Васмут, А. С. Проектирование и составление карт: учебник для вузов / Ю. С. Билич, А. С. Васмут. – Москва : Недра, 1984. – 364 с.

22 Блискавицкий, А. А. Концептуальные основы создания и развития геоинформационных систем фондов геологической информации / А. А. Блискавицкий // Геоинформатика. – 2016. – № 1. – С. 9–21.

23 Бобров, Д. С. Разработка методов и средств создания навигационных гравитационных карт : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.11.13 / Бобров Дмитрий Сергеевич. – Менделеево, 2020. – 24 с.

24 Большая Российская энциклопедия. В 30 т. – Т. 13 / Отв. ред. С. Л. Кравец. – Москва : Большая Российская энциклопедия, 2008. – 782 с. – ISBN 978-5-85270-344-6.

25 Большой толковый словарь русского языка / под ред. С. А. Кузнецова. – Санкт-Петербург : Норинт, 1998. – 1534 с.

26 Бровко, Е. А. Актуализация пространственных данных методом государственного топографического мониторинга в целях реализации государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»: проблемы и решения / Е. А. Бровко, Р. Э. Софинов // Геодезия и картография. – 2022. – № 3. – С. 14–22. – DOI 10.22389/0016-7126-2022-981-3-14-22.

27 Бровко, Е. А. Государственный топографический мониторинг: оперативное картографическое обеспечение актуальными пространственными данными

хозяйственной деятельности, обороны и национальной безопасности страны / Е. А. Бровко, Р. Э. Софинов // Геодезия и картография. – 2012. – № 7. – С. 45–51.

28 Бударова, В. А. Технология автоматизированной обработки результатов геодезического обеспечения 3D сейсморазведки в Западной Сибири : дис. … канд. техн. наук : 25.00.32 / Бударова Валентина Алексеевна. – Новосибирск, 2010. – 113 с.

29 Бунцев, И. А. Технология геодезического обеспечения сейсморазведочных работ в залесенной местности : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.32 / Бунцев Иван Александрович. – Новосибирск, 2006. – 28 с.

30 Бурдэ, А. И. Картографический метод исследования при региональных геологических работах / А. И. Бурдэ. – Ленинград : Недра, 1990. – 250 с. – ISBN 5-247-01388-3.

31 Васильев, И. В. Стратегические направления развития топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации / И. В. Васильев, А. В. Коробов, Г. Г. Побединский // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Т. 30. – № 2. – С. 5–23.

32 Васильева, Е. Г. Создание АРМ обработки и комплексного анализа данных морских геофизических съемок на базе ГИС-технологий : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.35 / Васильева Екатерина Георгиевна. – Мурманск, 2006. – 32 с.

33 Виноградов, П. М. Геоинформационное обеспечение геоэкологического мониторинга крупного промышленного центра: на примере города Воронежа : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.36 / Виноградов Павел Михайлович. – Воронеж, 2015. – 24 с.

34 Вишневский, Д. С. Картографическое обеспечение региональных исследований внешнеэкономической деятельности / Д. С. Вишневский, А. В. Харченко // Пространственная экономика. – 2006. – № 3. – С. 63–73. – DOI 10.14530/se.2006.3.063-073.

35 Воробьева, Т. А. Картографическое обеспечение эколого- радиохимического районирования северных территорий России / Т. А. Воробьева, А. В. Евсеев, Н. И. Тульская // Геодезия и картография. – 2009. – № 12. – С. 40–47.

36 Географические исследования Сибири : [в 5 т.] / А. Р. Батуев, А. К. Черкашин, Т. И. Коновалова [и др.] ; Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН. Том 4. – Новосибирск : Академическое издательство «Гео», 2007. – 418 с. – ISBN 978-5-9747-0086-6.

37 Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр : энциклопедия : [в 2 т.] / под общ. ред. А. В. Бородко, В. П. Савиных. – Москва : Геодезкартиздат, 2008. – ISBN 978-5-86066-078-6.

38 Геоинформационное обеспечение геологоразведки месторождений руд цветных металлов / А. А. Маммедов, Ш. Д. Мусаев, Я. Г. Пошивайло, Г. С. Федотов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26. – № 2. – С. 120–136. – DOI 10.35595/2414-9179-2020-2-26-120-136.

39 Глухих, И. Н. Теория систем и системный анализ : учебное пособие / И. Н. Глухих. – 2-е изд., перераб. и доп. / Учебное электронное изд. – Тюмень : Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2016. – 147 с. – ISBN 978-5-400-01165-8.

40 Горячев, И. Н. Mineral prospectivity mapping для прогноза месторождений золота Центрально-Колымского региона (Магаданская область, Россия) / И. Н. Горячев // Геоинформатика. – 2023. – № 1. – С. 4–17. – DOI 10.47148/1609-364X-2023-1-4-17.

41 ГОСТ 12.0.002-2014. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения : межгосударственный стандарт ; введен 01.06.2016. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 28 с.

42 ГОСТ 21667-76. Картография. Термины и определения : межгосударственный стандарт ; введен 01.07.1977. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 38 с.

43 ГОСТ 28441-99. Картография цифровая. Термины и определения : межгосударственный стандарт ; введен 01.07.2000. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000. – 9 с.

44 ГОСТ Р 52155-2003. Географические информационные системы федеральные, региональные, муниципальные. Общие технические требования : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 09.12.2003. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.

45 ГОСТ Р 53579-2009. Отчет о геологическом изучении недр. Общие требования к содержанию и оформлению : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 15.12.2009. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 51 с. – (Система стандартов в области геологического изучения недр (СОГИН)).

46 ГОСТ Р 53795-2010. Изучение недр геологическое. Термины и определение : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 09.06.2010. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 20 с.

47 ГОСТ Р 53797-2010. Геологическая информация о недрах. Основные положения и общие требования : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 22.06.2010. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 12 с.

48 ГОСТ Р 54363-2011. Полевые геофизические исследования. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 26.07.2011. – Москва : Стандартинформ, 2012. – 19 с.

49 ГОСТ Р 59071-2020. Недра. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 01.10.2020. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 12 с. – (Охрана окружающей среды).

50 ГОСТ Р 70175-2022. Картография. Процессы создания и обновления цифровых топографических карт масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Общие требования : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 22.06.2022. – Москва : Институт стандартизации, 2022. – 28 с.

51 ГОСТ Р 70846.2-2023. Национальная система пространственных данных. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 22.11.2023. – Москва : Институт стандартизации, 2023. – 20 с.

52 ГОСТ Р 70955-2023. Картография цифровая. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации ; введен 04.10.2023. – Москва : Институт стандартизации, 2023. – 16 с.

53 Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2023 году / гл. ред. Д. Д. Тетенькин, О. В. Казанов. – Москва : ВИМС, 2024. – 715 с.

54 Гутарев, С. В. Создание картографического обеспечения поддержки принятия управленческих решений в чрезвычайных ситуациях / С. В. Гутарев, Н. И. Куренева // Технологии гражданской безопасности. – 2007. – Т. 4. – № 3(15). – С. 36–41.

55 Давыденков, Е. В. Стратегия партнерства недропользователей с сервисными подрядчиками геолого-разведочных работ / Е. В. Давыденков, А. С. Бочков, Г. Ю. Боярко // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2020. – Т. 174. – № 6. – С. 60–64.

56 Дегтерев, А. Ю. Геоинформационное сопровождение создания и эксплуатации подземных хранилищ газа / А. Ю. Дегтерев // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2015. – № 12. – С. 42–50.

57 Деев, К. В. Хранение, визуализация и преобразование геолого-геофизической информации в системе ГИС Карта : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.35 / Деев Кирилл Валерьевич. – Москва, 2007. – 27 с.

58 Демина, О. И. Геоинформационное обеспечение геолого-геохимических исследований в условиях горных районов Восточной Сибири: на примере месторождений высокочистого кварцевого сырья : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.35 / Демина Ольга Игоревна. – Иркутск, 2013. – 22 с.

59 Дорошков, А. А. Разработка специализированной геоинформационной системы для геохимического изучения базит-ультрабазитовых комплексов Восточного Саяна : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.35 / Дорошков Артемий Андреевич. – Иркутск, 2013. – 18 с.

60 Дубровский, А. В. Топографический мониторинг территории нефтегазового месторождения / А. В. Дубровский, О. И. Малыгина // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – Т. 1. – № 2. – С. 226–233.

61 Дударева, О. В. Прогнозирование геологических и других объектов на основе формализации данных и знаний : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.35 / Дударева Оксана Витальевна. – Иркутск, 2006. – 20 с.

62 Дударева, О. В. Программный комплекс GIA для организации хранения массовых геофизических данных / О. В. Дударева, А. В. Королева // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. – 2014. – Т. 91. – № 8. – С. 12–17.

63 Дулин, С. К. Концепция комбинированных картографических образов - основа снижения избыточности единой геоинформационной системы / С. К. Дулин, И. Н. Розенберг // Системы и средства информатики. – 2008. – Т. 18. – № 3. – С. 175–203.

64 Дьяконов, К. Н. Современные методы географических исследований : Кн. для учителя / К. Н. Дьяконов, Н. С. Касимов, В. С. Тикунов. – Москва : Просвещение, 1996. – 205 с. – ISBN 5-09-004567-4.

65 Единая геолого-картографическая модель территории Российской Федерации и ее континентального шельфа / В. В. Снежко, П. В. Химченко, М. А. Ткаченко [и др.] // Региональная геология и металлогения. – 2024. – Т. 31. – № 4. – С. 23–35. – DOI 10.52349/0869-7892_2024_100_23-35.

66 Елюшкин, В. Г. Геоинформационное обеспечение военных действий. От достаточности к превосходству : 2-е изд. дополн. и исправл. / В. Г. Елюшкин. – Москва : Самиздат, 2019. – 166 с.

67 Еремин, Н. А. Цифровой двойник в нефтегазовом производстве / Н. А. Еремин, А. Н. Еремин // Нефть. Газ. Новации. – 2018. – № 12. – С. 14–17.

68 Зализнюк, А. Н. Построение концепции геоинформационного обеспечения операций (боевых действий) / А. Н. Зализнюк, Д. Е. Гоманов, Б. А. Фисич // Военная мысль. – 2018. – № 10. – С. 39–47.

69 Затягалова, В. В. Разработка методики и технологии геоинформационного анализа спутниковых радиолокационных изображений для экологического мониторинга морской поверхности : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.35 / Затягалова Виктория Владимировна. – Москва, 2012. – 24 с.

70 Звягин, Е. М. Отчет по теме 70 «Банк геолого-геофизических данных на нефть и газ по территории Новосибирской и Омской областей» / Е. М. Звягин, В. Ф. Свиньин, С. А. Хмелев. – ОАО «Центральная геофизическая экспедиция». – 2001. – 213 с.

71 Ивлиева, Н. Г. Геоинформационно-картографическое обеспечение исследований пространственно-временных особенностей сельского расселения Республики Мордовия / Н. Г. Ивлиева, В. Ф. Манухов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2017. – Т. 23. – № 2. – С. 64–77. – DOI 10.24057/2414-9179-2017-2-23-64-77.

72 Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1997. – 106 с.

73 Информационно-аналитическое обеспечение работ на нефть и газ на базе отечественного программно-технологического обеспечения / Е. Н. Черемисина, Л. Е. Чесалов, А. В. Любимова [и др.] // Геоинформатика. – 2023. – № 3. – С. 4–23. – DOI 10.47148/1609-364X-2023-3-4-23.

74 Казанин, А. Г. Опыт формирования базы пространственных данных результатов морских инженерных изысканий в Арктике / А. Г. Казанин, Т. В. Артамонова, М. В. Морозова // Геодезия и картография. – 2025. – № 4. – С. 19–28. – DOI 10.22389/0016-7126-2025-1018-4-19-28.

75 Камынина, Н. Р. Актуальные вопросы цифровизации экономики Российской Федерации / Н. Р. Камынина // Экономические науки. – 2019. – № 170. – С. 29–32. – DOI 10.14451/1.170.29.

76 Камынина, Н. Р. Концептуальная модель информационного обеспечения кадастрового учета недвижимости в Российской Федерации : дис. … канд. техн. наук : 25.00.26 / Камынина Надежда Ростиславовна. – Москва, 2013. – 146 с.

77 Камынина, Н. Р. Фундаментальные исследования как часть инновационной деятельности компаний / Н. Р. Камынина, Р. М. Ханиев // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 13. – № 2(155). – С. 34–47. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.02.13.004.

78 Каргашин, П. Е. Картографическое обеспечение экологического мониторинга магистральных газопроводов : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.33 / Каргашин Павел Евгеньевич. – Москва, 2009. – 24 с.

79 Каргашин, П. Е. Система карт для обеспечения экологических исследований производственных объектов нефтегазовой отрасли / П. Е. Каргашин, М. А. Каргашина // Изв. Саратовского ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. – 2016. – Т. 16. – № 4. – С. 205–209. – DOI 10.18500/1819-7663-2016-16-4-205-209.

80 Каргашина, М. А. Система геоинформационного обеспечения градостроительной деятельности: современное состояние и ключевые аспекты развития / М. А. Каргашина // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2018. – Т. 24. – № 1. – С. 253–261. – DOI 10.24057/2414-9179-2018-1-24-253-261.

81 Карманова, М. В. Разработка научно-методических основ картографического обеспечения региональных органов управления в чрезвычайных ситуациях : дис. … канд. техн. наук : 25.00.33 / Карманова Мария Владимировна. – Новосибирск, 2022. – 151 с.

82 Карпачевский, А. М. Картографическое обеспечение планирования развития региональных электрических сетей : дис. … канд. геогр. наук : 25.00.33 / Карпачевский Андрей Михайлович. – Москва, 2018. – 186 с.

83 Карпенко, А. С. О понятии «картографический метод исследования» / А. С. Карпенко // Геоботаническое картографирование. – 1972. – С. 50–53. – DOI 10.31111/geobotmap/1972.50.

84 Карпенко, А. С. О работе пятой Всесоюзной конференции по тематической картографии / А. С. Карпенко // Геоботаническое картографирование. – 1974. – С. 60–66.

85 Карпик, А. П. Исследование мировых трендов и обоснование направлений развития сферы геодезии и картографии РФ до 2030 года / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий // Геопрофи. – 2021. – № 1. – С. 4–16.

86 Карпик, А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография / А. П. Карпик. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с. – ISBN 5-87693-146-2.

87 Карпик, А. П. Перспективные направления развития геодезической отрасли в условиях постиндустриальной эпохи и цифровой экономики / А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий // Геодезия и картография. – 2019. – № 4. – С. 55–64. – DOI 10.22389/0016-7126-2019-946-4-55-64.

88 Картографическая изученность России (топографические и тематические карты): Рос. АН; Ин-т географии; под ред. А. А. Лютого и Н. Н. Комедчикова; авт. В. Л. Андроников [и др.]. – Москва, 1999. – 319 с.

89 Кацко, С. Ю. Картографическое обеспечение исследования геологического строения Курганской области / С. Ю. Кацко, М. А. Карасюк // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2023. – № 3. – С. 62–66. – DOI 10.33764/2687-041X-2023-3-62-66.

90 Климина, Е. М. Ландшафтно-картографическое обеспечение территориального планирования (на примере Хабаровского края) : монография / Е. М. Климина. – Владивосток : Дальнаука, 2007. – 131 с. – ISBN 978-5-8044-0769-9.

91 Кокорина, И. П. Картографическое обеспечение исследований на геологических разрезах Горного Алтая / И. П. Кокорина, М. А. Карасюк, Д. А. Ильин // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2022. – № 2. – С. 51–56. – DOI 10.33764/2687-041X-2022-2-51-56.

92 Колесников, С. Ф. Проблемы и перспективы картографического обеспечения геоэкологии / С. Ф. Колесников, С. А. Сладкопевцев, А. М. Луговской // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. – Т. 64. – № 3. – С. 298–304. – DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-3-298-304.

93 Комедчиков, Н. Н. Национальная библиография научно-технической литературы по картографии, 1959–1983 гг. [в 3-х т.] / Н. Н. Комедчиков, А. А. Лютый, Р. С. Нарских ; Рос. акад. наук, Ин-т географии. – Москва : ЦИСН Миннауки РФ и РАН, 1996–1997. – 1459 с.

94 Комплексное картографическое обеспечение учебного курса «География Пермского края» для высшей школы / Н. В. Бажукова, Е. С. Киселева, А. Н. Таш-

кинова, Е. С. Черепанова // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2016. – № 5. – С. 3–7.

95 Конвертация проектов ArcMap, QGIS в ГИС INTEGRO. Анализ проблем совместимости и разработка подхода к их решению / С. В. Бакайкин, К. В. Деев, М. Н. Чурилин, М. Я. Финкельштейн // Геоинформатика. – 2025. – № 4. – С. 66–72. – DOI 10.47148/1609-364X-2025-4-66-72.

96 Концептуальные основы отображения пространственных данных в минерально-сырьевом секторе / Н. С. Копылова, П. М. Демидова, О. А. Колесник, А. П. Санникова, С. Г. Сазонова // Геодезия и картография. – 2024. – № 8. – С. 2–13. – DOI 10.22389/0016-7126-2024-1010-8-2-13.

97 Концепция универсального программного обеспечения для выполнения полного цикла геодезического обеспечения геолого-геофизических исследований / С. О. Шевчук, Н. С. Косарев, Е. А. Генералова [и др.] // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – Т. 1. – № 2. – С. 250–262. – DOI 10.33764/2618-981X-2023-1-2-250-262.

98 Концепция университетского инновационного географо-картографического образования / А. М. Берлянт, И. К. Лурье, О. В. Тутубалина, Е. Р. Чалова // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. – 2009. – № 2. – С. 6–12.

99 Королева, А. В. Формирование и использование региональных баз геофизических данных : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.35 / Королева Анжела Владимировна. – Иркутск, 2010. – 23 с.

100 Красильников, П. А. Методология создания информационно-аналитических систем для решения инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых : автореф. дис. … д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.08 / Красильников Павел Анатольевич. – Пермь, 2020. – 44 с.

101 Кусильман, М. В. Разработка условных обозначений для картографирования результатов экологического мониторинга и контроля при строительстве объектов газодобывающей промышленности / М. В. Кусильман, З. А. Запруднова // Геодезия и картография. – 2014. – № 6. – С. 20–26. – DOI 10.22389/0016-7126-2014-888-6-20-26.

102 Кхалаф, М. Геоинформационные исследования закономерностей геологического развития и перспектив нефтегазоносности Восточной Сирии : автореферат дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.35, 25.00.12 / Кхалаф Муса. – Иркутск, 2004. – 23 с.

103 Логинов, Д. С. 31-я Международная картографическая конференция / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2023. – № 9. – С. 52–63. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-999-9-52-63.

104 Логинов, Д. С. 32-я Международная картографическая конференция / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2026. – № 1. – С. 40–48. – DOI 10.22389/0016-7126-2026-1027-1-40-48.

105 Логинов, Д. С. Вопросы создания и обновления цифровой модели местности лицензионного участка недр по цифровым топографическим картам открытого пользования / Д. С. Логинов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2023. – Т. 67. – № 1. – С. 42–56. – DOI 10.30533/GiA-2023-003.

106 Логинов, Д. С. Геоинформационное картографирование геологических рисков: практические решения на примере слабо изученных районов / Д. С. Логинов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2023. – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. – Т. 1. – № 2. – С. 25–34. – DOI 10.33764/2618-981X-2023-1-2-25-34.

107 Логинов, Д. С. Геоинформационный аспект систематизации архива геолого-геофизических данных: проблемы и пути решения / Д. С. Логинов // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28. – № 5. – С. 113–124. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-113-124.

108 Логинов, Д. С. ГИС-проект как единое пространство для работы с геолого-геофизическими данными / Д. С. Логинов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2021. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – Т. 3. – № 2. – С. 259–266.

109 Логинов, Д. С. Дешифрирование нефтепроявлений и определение их происхождения с использованием данных морской сейсморазведки: на примере западной континентальной окраины Индии / Д. С. Логинов // Геоинформатика. – 2024. – № 1. – С. 55–67. – DOI 10.47148/1609-364X-2024-1-55-67.

110 Логинов, Д. С. Картографическая визуализация опыта работ геологоразведочных организаций / Д. С. Логинов // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы XII Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 25–28 апреля 2024 года. – Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия», 2024. – С. 124–132.

111 Логинов, Д. С. Картографическое моделирование геолого-геофизической изученности как составляющая часть разработки архива отраслевой организации / Д. С. Логинов // Тематические карты и атласы: современные концепции научного содержания, новые технологии создания и использования : материалы XI научной конференции по тематической картографии, Иркутск, 28 ноября – 2 декабря 2022 года. – Иркутск : Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2022. – С. 149–151.

112 Логинов, Д. С. Картографическое обеспечение геофизических исследований: современное состояние и перспективы / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80. – № 8. – С. 32–44. – DOI 10.22389/0016-7126-2019-950-8-32-44.

113 Логинов, Д. С. Картографическое обеспечение как процесс: концептуальная модель системы и ее применение / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2026. – № 2. – С. 10–22. DOI: 10.22389/0016-7126-2026-1028-2-10-22.

114 Логинов, Д. С. Картографическое обеспечение научно-производственной деятельности: отечественный опыт, периодизация и современные проблемы / Д. С. Логинов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2025. – Т. 69. – № 5. – С. 73–86. – DOI 10.30533/GiA-2025-024.

115 Логинов, Д. С. Комплексный анализ геоданных для определения перспектив нефтегазоносности: на примере осадочного бассейна Бхима, республика Индия / Д. С. Логинов // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27. – № 5. – С. 110–123. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-5-110-123.

116 Логинов, Д. С. Концептуальная модель картографического мониторинга полевых геофизических исследований и предложения по ее реализации /

Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2022. – № 6. – С. 30–41. – DOI 10.22389/0016-7126-2022-984-6-30-41.

117 Логинов, Д. С. Методика проектирования веб-сервиса архива изученности территории геолого-геофизическими работами отраслевых организаций / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2025. – № 1. – С. 41–52. – DOI 10.22389/0016-7126-2025-1015-1-41-52.

118 Логинов, Д. С. Методология оценки реализации картографического обеспечения научно-производственной деятельности / Д. С. Логинов // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30. – № 6. – С. 70–79. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-6-70-79.

119 Логинов, Д. С. Модели взаимодействия картографического и геоинформационного обеспечения / Д. С. Логинов // Геоинформатика. – 2025. – № 4. – С. 90–102. – DOI 10.47148/1609-364X-2025-4-90-102.

120 Логинов, Д. С. Научно-методические основы подготовки пользовательского интерфейса картографического веб-сервиса на примере данных геологоразведочных работ / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2023. – № 8. – С. 13–28. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-998-8-13-28.

121 Логинов, Д. С. Опыт использования геоданных в картографическом обеспечении геологоразведочных работ / Д. С. Логинов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – Т. 65. – № 5. – С. 598–608. – DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-5-598-608.

122 Логинов, Д. С. Опыт создания и использования интерактивных картографических геопорталов в геофизике / Д. С. Логинов // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 14–16 ноября 2018 года. – Воронеж: Изд-во Научная книга, 2018. – С. 92–98.

123 Логинов, Д. С. Опыт создания прогнозно-минерагенических карт по открытым геолого-геофизическим данным в ГИС-среде / Д. С. Логинов // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27. – № 2. – С. 134–148. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-2-134-148.

124 Логинов, Д. С. Отечественный и зарубежный опыт геофизического картографирования / Д. С. Логинов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5. – С. 71–77.

125 Логинов, Д. С. Первая азиатская картографическая конференция AsiaCarto 2024 / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2024. – № 12. – С. 60–64. – DOI 10.22389/0016-7126-2024-1014-12-60-64.

126 Логинов, Д. С. Применение компьютерных технологий и их потенциал для развития геофизического картографирования / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2021. – № 7. – С. 9–20. – DOI 10.22389/0016-7126-2021-973-7-9-20.

127 Логинов, Д. С. Проблематика и направления развития отечественной картографии и геоинформатики на страницах журнала «Геодезия и картография» / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2025. – № 8. – С. 42–49. – DOI 10.22389/0016-7126-2025-1022-8-42-4.

128 Логинов, Д. С. Разработка картографического веб-сервиса мониторинга полевых геофизических исследований / Д. С. Логинов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2022. – № 2. – С. 48–61. – DOI 10.30533/0536-101X-2022-66-2-48-61.

129 Логинов, Д. С. Реализация веб-сервиса картографического мониторинга полевого этапа геологоразведочных работ с использованием открытого программного обеспечения / Д. С. Логинов // Геодезия и картография. – 2023. – № 1. – С. 29–41. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-991-1-29-41.

130 Логинов, Д. С. Систематизация результатов и подходов к пониманию картографического обеспечения научно-производственной деятельности / Д. С. Логинов // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30. – № 4. – С. 75–87. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-4-75-87.

131 Логинов, Д. С. Системное картографическое обеспечение научно-технической деятельности: методология и формализация процесса / Д. С. Логинов, Н. И. Баранова // Геодезия и картография. – 2026. – № 5. – С. 31–43. – DOI 10.22389/0016-7126-2026-1031-5-31-43.

132 Логинов, Д. С. Совершенствование картографического изображения геофизических полей : дис. … канд. техн. наук : 25.00.33 / Логинов Дмитрий Сергеевич. – Москва, 2017. – 190 с.

133 Логинов, Д. С. Формализация выбора результата картографического обеспечения научно-производственной деятельности / Д. С. Логинов // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30. – № 5. – С. 58–67. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-5-58-67.

134 Логинов, Д. С. Формализация процесса принятия решения по включению геофизических карт в комплексные атласы / Д. С. Логинов, С. А. Крылов // Геодезия и картография. – 2020. – Т. 81. – № 10. – С. 16–29. – DOI 10.22389/0016-7126-2020-964-10-16-29.

135 Лоскутов, Е. Е. Прогнозное моделирование потенциальности золотого оруденения средствами ГИС (на примере междуречья Иенгра – Тимптон, Южная Якутия) / Е. Е. Лоскутов // Вестник Северо-Восточного федерального ун-та им. М. К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. – 2021. – Т. 24. – № 4. – С. 23–32. – DOI 10.25587/SVFU.2021.24.4.012.

136 Любимова, А. В. Геоинформационное сопровождение планирования и проведения геолого-разведочных работ / А. В. Любимова, А. О. Навроцкий, Е. Р. Толмачева // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3. – С. 77–83. – DOI 10.31087/0016-7894-2021-3-77-83.

137 Любимова, А. В. Новые технологические подходы к созданию ГИС-проектов в геолого-геофизических исследованиях / А. В. Любимова, Е. Р. Толмачева // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3. – С. 137–143. – DOI 10.31087/0016-7894-2021-3-137-143.

138 Лютый, А. А. Язык карты: сущность, система, функции / А. А. Лютый. – 2-е изд. – Москва : ГЕОС, 2002. – 326 с. – ISBN 5-89658-018-5.

139 Мазуров, С. Ф. Картографическое обеспечение новых муниципальных образований Сибири / С. Ф. Мазуров, Л. А. Пластинин // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 57. – № 10. – С. 63–67.

140 Малышева, Н. В. Локальный картографический сервис для визуализации статистических данных о лесах России / Н. В. Малышева, Т. А. Золина, Н. А. Владимирова // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. 2014. – № 6. – С. 32–38.

141 Мамин, Р. Г. Планово-картографическое обеспечение кадастра недвижимости по снимкам со спутника IRS / Р. Г. Мамин, И. М. Сутугина // Вестник Орловского гос. аграрного ун-та. – 2013. – Т. 40. – № 1. – С. 2–7.

142 Мартынова, Е. В. Формирование и обеспечение качества национальной системы пространственных данных : автореф. дис. … канд. экон. наук : 5.2.3 / Мартынова Елена Валерьевна. – Санкт-Петербург, 2023. – 21 с.

143 Мелкий, В. А. Геоинформационное и картографическое обеспечение мониторинга для оценки состояния природно-техногенных комплексов Сахалинской области / В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров // Геоконтекст. – 2016. – Т. 4. – № 1. – С. 30–44.

144 Милованова, М. С. Разработка содержания и технологии геоинформационного обеспечения космического топографического мониторинга арктических территорий : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.35 / Милованова Мария Сергеевна. – Москва, 2012. – 23 с.

145 Мирзеханова, З. Г. Особенности туристического районирования Хабаровского края: картографическое обеспечение / З. Г. Мирзеханова, И. Д. Дебелая, В. А. Масличенко // Геодезия и картография. – 2009. – № 6. – С. 15–22.

146 Митина, Н. В. Разработка геоинформационной системы для комплексного исследования геохимических свойств угольных месторождений: на примере Кузбасса : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.35 / Митина Надежда Викторовна. – Кемерово, 2006. – 22 с.

147 Митракова, О. В. Методика и технология создания информационно-аналитических систем мониторинга недропользования : автореф. дис. … д-ра техн. наук : 25.00.35 / Митракова Ольга Владимировна. – Москва, 2011. – 50 с.

148 Михайлов, Д. И. Теоретическое обоснование и разработка структуры баз данных для обеспечения полевых физико-географических исследований : ав-

тореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.35 / Михайлов Дмитрий Игоревич. – Москва, 2007. – 24 с.

149 Муслимов, Р. Х. Основные проблемы освоения залежей нетрадиционных углеводородов в ультранизкопроницаемых и сланцевых отложениях / Р. Х. Муслимов, И. Н. Плотникова // Георесурсы. – 2018. – Т. 20. – № 3. – С. 198–205. – DOI 10.18599/grs.2018.3.198-205.

150 Наговицын, О. В. История развития отечественных горно-геологических информационных систем / О. В. Наговицын, С. В. Лукичев // Горная промышленность. – 2024. – № 5. – С. 46–51. – DOI 10.30686/1609-9192-2024-5-46-51.

151 Наумова, В. В. Концепция создания региональных геологических ГИС: на примере ГИС «Минеральные ресурсы, минералогенезис и тектоника Северо-Восточной Азии» : автореф. дис. … д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.35 / Наумова Вера Викторовна. – Иркутск, 2004. – 47 с.

152 Некоторые проблемы картографического обеспечения географического образования в средней школе / В. П. Савиных, Н. Р. Камынина, В. В. Братков, Ю. Л. Бугаевский // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – № 4. – С. 14–20.

153 Николаева, О. Н. Картографическое обеспечение рационального природопользования региона : монография / О. Н. Николаева. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 170 с. – ISBN 978-5-907052-23-9.

154 Новопашин, А. В. Геоинформационное обеспечение для решения прикладных задач алмазопоисковой геологии: на примере Якутской алмазоносной провинции : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.35 / Новопашин Александр Владимирович. – Иркутск, 2015. – 21 с.

155 Новые инструменты оформления Госгеолкарты в среде ГИС INTEGRO / К. В. Деев, А. С. Шумихин, М. Н. Чурилин, С. В. Бакайкин // Геоинформатика. – 2020. – № 1. – С. 14–26.

156 Нольфина, М. А. Основные принципы проектирования регионального ГИС-атласа / М. А. Нольфина // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – Т. 1. – № 2. – С. 170–173.

157 О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов» : постановление Правительства РФ от 31.03.2021 № 515 (посл. ред.). – URL: http://government.ru/docs/all/133833/ (дата обращения 12.02.2026).

158 О внесении изменений в Закон Российский Федерации «О недрах» : федеральный закон Российской Федерации от 25.12.2023 № 656-ФЗ. (ред. от 25.12.2023). – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50189 (дата обращения 12.02.2026).

159 О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федеральный закон от 30.12.2015 №431-ФЗ. (ред. от 31.07.2025). – URL: http://publication.pravo.gov.ru/document/0001201512300072 (дата обращения 12.02.2026).

160 О науке и государственной научно-технической политике : федеральный закон Российской Федерации от 23.08.1996 № 127-ФЗ (посл. ред.). – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/9973 (дата обращения 12.02.2026).

161 О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года : Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542 (дата обращения 12.02.2026).

162 О современной ситуации по использованию программных комплексов в недропользовании / Г. А. Анисимов, С. Е. Валеева, И. Ф. Валеева, Л. З. Анисимова // Экспозиция Нефть Газ. – 2016. – Т. 52. – № 6. – С. 13–15.

163 Об утверждении Временных положения и классификаций : приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 07.02.2001 № 126. – URL: https://docs.cntd.ru/document/901785112 (дата обращения 12.02.2026).

164 Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года : распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-р (ред. от 21.10.2024). – URL: http://government.ru/docs/all/147621/ (дата обращения 11.02.2026).

165 Об утверждении положения о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые) : распоряжение Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 05.07.1999 № 83-р. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902349871 (дата обращения 10.02.2026).

166 Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации : указ Президента Российской Федерации от 07.06.2011 № 899 (посл. ред.). – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/33514 (дата обращения 10.02.2026).

167 Об утверждении стратегии развития минерально-сырьевой базы РФ до 2035 года : распоряжение Правительства РФ от 22.12.2018 № 2914-р. – URL: http://government.ru/docs/35247/ (дата обращения 18.02.2026).

168 Об утверждении Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года : распоряжение Правительства РФ от 11.07.2024 № 1838-р. – URL: http://government.ru/docs/all/154492/ (дата обращения 18.02.2026).

169 Обзор российских геоинформационных сервисов природоохранной тематики на основе открытого программного обеспечения / А. С. Плотникова, В. А. Хамедов, Е. А. Архипцева [и др.] // Геоинформатика. – 2024. – № 4. – С. 4–20. – DOI 10.47148/1609-364X-2024-4-4-20.

170 Огуреева, Г. Н. Картографическое обеспечение работ по изучению ботанического разнообразия / Г. Н. Огуреева, М. В. Бочарников // География и природные ресурсы. – 2024. – Т. 45. – № 3. – С. 164–174. – DOI 10.15372/GIPR20240316.

171 Ознамец, В. В. Разработка теоретических и технологических основ комплексного геодезического обеспечения устойчивого развития территорий :

дис. д-ра техн. наук: 25.00.32 / Ознамец Владимир Владимирович. – Москва, 2021. – 260 с.

172 Орлов, В. П. О некоторых достижениях и проблемах отечественной геологии за 50 лет / В. П. Орлов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2016. – №1–2. – С. 13–19.

173 Основные положения по топографо-геодезическому обеспечению геологоразведочных работ – Москва, Министерство геологии СССР. – 1974. – 41 с.

174 Оценка роли государства в управлении минеральными ресурсами / В. С. Литвиненко, Е. И. Петров, Д. В. Василевская [и др.] // Записки Горного института. – 2023. – Т. 259. – № 1. – С. 95–111. – DOI 10.31897/PMI.2022.100.

175 Очерки по истории геологических знаний / АН СССР, Комис. по геол. изученности СССР. Вып. 21. История геологической картографии : [Сб. ст.] / Геол. ин-т, Всесоюз. н.-и. геол. ин-т; [Отв. ред. В. В. Тихомиров]. – Москва : Наука, 1982. – 279 с.

176 Панасюк, М. В. Интеграция территориальных ГИС с национальной системой пространственных данных в проектах развития геоинформационного пространства регионов России / М. В. Панасюк, Р. А. Мустафин, А. М. Сабирзянов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2025. – Т. 31. Ч. 1. – С. 172–187. – DOI 10.35595/2414-9179-2025-1-31-172-187.

177 Панасюк, М. В. Геоинформационное обеспечение задач пространственного развития Казани / М. В. Панасюк, А. М. Сабирзянов, Ю. А. Шакирова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2024. – Т. 30. – № 2. – С. 456–468. – DOI 10.35595/2414-9179-2024-2-30-456-468.

178 Паршин, А. В. Геоинформационное обеспечение мониторинга поверхностного слоя вод озера Байкал : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.35 / Паршин Александр Вадимович. – Иркутск, 2012. – 24 с.

179 Патук, М. И. Построение цифровой системы управления геологическими знаниями для поддержки научных исследований / М. И. Патук, В. В. Наумова // Электронные библиотеки. – 2022. – Т. 25. – № 2. – С. 148–157. – DOI 10.26907/1562-5419-2022-25-2-148-158.

180 Перспективы картографического обеспечения аномальной составляющей магнитного поля Земли для решения прикладных задач / В. Т. Минлигареев, А. В. Алексеева, Ю. М. Качановский [и др.] // Гелиогеофизические исследования. – 2018. – № 20. – С. 71–75.

181 Пешкова, А. А. Концептуальная модель геоинформационного проекта для хранения комплексных геофизических данных и управления ими / А. А. Пешкова, А. В. Мироманов // Изв. Сибирского отд-ния секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. – 2017. – Т. 40. – № 4(61). – С. 77–85. – DOI 10.21285/2541-9455-2017-40-4-77-85.

182 Платонов, П. Л. Картографическое обеспечение автомобильных навигационных систем / П. Л. Платонов // Геодезия и картография. – 2011. – № 6. – С. 30–36.

183 Плюснин, В. М. Картографическое обеспечение территориального планирования центральной экологической зоны Байкальской природной территории / В. М. Плюснин, И. Н. Владимиров, А. А. Сороковой // Геодезия и картография. – 2012. – № 4. – С. 22–31.

184 Побединский, Г. Г. Реформы отечественной картографо-геодезической службы и качество государственных геопространственных данных / Г. Г. Побединский // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 1. – № 1. – С. 3–17. – DOI 10.33764/2618-981X-2019-1-1-3-17.

185 Подготовить комплект средне-мелкомасштабных прогнозно-минерагенических карт на твердые полезные ископаемые для Байкало-Амурской группы металлогенических провинций на основе технологии многомерной интерпретации геологических, геофизических и геохимических данных (заключительный) : отчет по гос. контракту № 11/2014 от 11.12.14 / М. Б. Лурье, И. А. Токавищев, Д. С. Логинов [и др.]. – АО «ПАНГЕЯ». – Москва, 2016. – 1037 с.

186 Поздняков, Д. В. Картографическое обеспечение проектирования магистральных трубопроводов и обустройства месторождений с использованием ГИС-

технологий : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.35 / Поздняков Дмитрий Владимирович. – Ростов-на-Дону, 2007. – 21 с.

187 Поиск и обнаружение естественных нефтепроявлений в морях России по данным космической радиолокационной съемки / А. Ю. Иванов, Е. Р. Матросова, А. Ю. Кучейко [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2020. – № 5. – С. 43–62. – DOI 10.31857/S0205961420050061.

188 Пономаренко, М. Р. Информационно-аналитическое обеспечение мониторинга состояния объектов открытых горных работ на базе технологий веб-картографии / М. Р. Пономаренко, Ю. И. Кутепов, А. Н. Шабаров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 8. – С. 56–70. – DOI 10.25018/0236_1493_2022_8_0_56.

189 Пороскун, В. И. Теоретические и методические основы принятия решений при поисках и разведке месторождений нефти и газа с использованием компьютерных технологий : автореф. дис. … д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.12 / Пороскун Владимир Ильич. – Москва, 2006. – 43 с.

190 Программное обеспечение при производстве взрывных работ на открытых горных разработках / А. Н. Гришин, В. С. Писарев, В. Е. Терещенко, А. В. Бушуев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2024. – Т. 1. – С. 54–65. – DOI 10.33764/2618-981X-2024-1-54-65.

191 Пространственные данные: потребности экономики в условиях цифровизации / Е. Б. Белогурова, В. Е. Воробьев, О. Г. Гвоздев [и др.] ; Фед. служба гос. регистрации, кадастра и картографии; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики»; НИИ «АЭРОКОСМОС». – Москва : НИУ ВШЭ, 2020. – 128 с.

192 Прохорова, Е. А. Сбор и формализация данных по сухопутным путям сообщения для георесурса «Транспортная система России» / Е. А. Прохорова, В. Н. Семин // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2018. – Т. 24. – № 1. – С. 138–147. – DOI 10.24057/2414-9179-2018-1-24-138-147.

193 Пьянков, С. В. Научно-методологические основы создания региональной гидрологической ГИС : на примере бассейна Воткинского водохранилища :

автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.35 / Пьянков Сергей Васильевич. – Санкт-Петербург, 2006. – 15 с.

194 Радченко, Л. К. Методика геоинформационного картографирования коммуникаций нефтегазового комплекса : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.33 / Радченко Людмила Константинова. – Новосибирск, 2008. – 25 с.

195 Разработка веб-приложения для управления геологическими, геохимическими и геофизическими данными месторождений / Н. М. Темирбеков, Е. И. Имангалиев, Д. Р. Байгереев [и др.] // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2020. – Т. 78. – № 4. – С. 76–86. – DOI 10.47533/2020.1606-146X.35.

196 Разработка web-картографического обеспечения эколого-географической оценки развития территории новой Москвы / И. К. Лурье, Е. А. Прохорова, В. Н. Семин, М. А. Сакиркина // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. – 2017. – № 5. – С. 49–57.

197 Российская научная школа геологической картографии в создании нового поколения государственных геологических карт территории Российской Федерации, ее континентального шельфа и глубоководных океанических окраин Евразии и Циркумполярной Арктики / О. В. Петров, А. Ф. Морозов, Т. Н. Зубова [и др.] // Региональная геология и металлогения. – 2016. – № 67. – С. 6–18.

198 Ротанова, И. Н. Геоинформационные методы и системы в управлении регионом (на материалах проектов конкурса «РФФИ – Сибирь» (Алтайский край)) / И. Н. Ротанова // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. – 2018. – Т. 100. – № 4. – С. 62–66. – DOI 10.22204/2410-4639-2018-100-04-62-66.

199 Ротанова, И. Н. Туристско-рекреационный комплекс Алтайского региона: организация и информационно-картографическое обеспечение : монография / И. Н. Ротанова, Н. Ф. Харламова. – Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2014. – 212 с. – ISBN 978-5-7904-2038-2.

200 Ротанова, И. Н. Условность карт: традиции и новации / И. Н. Ротанова // От карты прошлого – к карте будущего : Сборник научных трудов. В 3-х томах,

Пермь, 28–30 ноября 2017 года / Ответственный редактор С. В. Пьянков. Том 2. – Пермь: Пермский гос. нац. исследовательский ун-т, 2017. – С. 158–168.

201 Рябухин, А. Г. История геологии как последовательность парадигм (от ремесла к зрелой науке) / А. Г. Рябухин, А. А. Наймарк // Вестник Московского ун-та. Серия 4. Геология. – 2012. – № 4. – С. 62–68.

202 Савиных, В. П. Система подготовки кадров в целях реализации Стратегии топографо-геодезического и картографического обеспечения Российской Федерации / В. П. Савиных, А. А. Майоров, Ф. В. Шкуров // Геодезия и картография. – 2015. – № S15-1. – С. 26–31.

203 Сазонов, В. С. Методика анализа точности картографического обеспечения при традиционной технологии геологической оценки угольных месторождений / В. С. Сазонов, А. Н. Соловицкий // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30. – № 5. – С. 78–88. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-5-78-88.

204 Салищев, К. А. Картография : учебник / К. А. Салищев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высш. школа, 1982. – 272 с.

205 Салищев, К. А. Картография на службе рационального природопользования: состояние и задачи / К. А. Салищев // Итоги науки и техники. Картография. – Москва: ВИНИТИ АН СССР, 1980. – Т. 9. – С. 4–22.

206 Сенько, Ю. Г. Топографо-геодезическое обеспечение сейсморазведочных работ / Ю. Г. Сенько, М. В. Волошина. – Вестник Полоцкого гос. ун-та. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2021. – № 16. – 7 с. – URL: https://clck.ru/3RVJXA (дата обращения 20.02.2026).

207 Сербенюк, С. Н. Картография и геоинформатика – их взаимодействие / С. Н. Сербенюк // Вестник МГУ. Серия 5. География. – 1989. – № 5. – С. 3–8.

208 Симанов, А. А. Разработка и создание информационно-аналитической системы хранения, обработки и анализа гравиметрических данных : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.10 / Симанов Алексей Аркадьевич. – Москва, 2008. – 24 с.

209 Система контроля качества полевых сейсморазведочных работ / Р. М. Гафаров, И. А. Сираев, Н. В. Денисенко, И. Р. Ягудин, Р. Х. Идиятов // Гео-

логия, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2021. – Т. 354. – № 6. – С. 34–41. – DOI 10.33285/2413-5011-2021-6(354)-34-41.

210 Сладкопевцев, С. А. Дистанционно-картографическое обеспечение мониторинга нарушенных земель трасс линейных сооружений / С. А. Сладкопевцев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 4. – С. 77–82.

211 Современная литература по картографии : библиографический указатель: в 2 ч. // Сост. Г. Н. Утин и др. – Ленинград : БАН, 1989. – 784 с.

212 Современная литература по картографии 1988–1990: библиографический указатель / сост.: О. А. Красникова, Г. Н. Утин; отв. ред. Г. Н. Утин. – Санкт-Петербург: БАН СССР, 1991. – 331 с.

213 Современные реалии картографического обеспечения Российской Арктики / Л. А. Пластинин, А. Н. Зализнюк, В. П. Ступин, Б. Н. Олзоев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – Т. 1. – № 2. – С. 19–27. – DOI 10.33764/2618-981X-2020-1-2-19-27.

214 Состояние и перспективы развития цифровых технологий в нефтегазовой геологии и недропользовании России / А. И. Варламов, Г. Н. Гогоненков, П. Н. Мельников, Е. Н. Черемисина // Геология нефти и газа. – 2021. – № 3. – С. 5–20. – DOI 10.31087/0016-7894-2021-3-5-20.

215 Спиридонов, В. А. Компьютерная технология создания полотна геологической карты на основе разномасштабных геолого-картографических материалов : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.35 / Спиридонов Виктор Альбертович. – Москва, 2005. – 27 с.

216 Старостин, Е. С. Проблемное картографирование: картографическое обеспечение региональных комплексных программ / Е. С. Старостин. – Москва : Наука, 1990. – 134 с.

217 Степанов, И. В. Геоинформационное обеспечение мониторинга землетрясений с использованием материалов дистанционного зондирования Земли : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.35 / Степанов Иван Владимирович. – Москва, 2011. – 24 с.

218 Степанов, Ю. А. Метод построения цифрового двойника углепородного массива для моделирования комплексной разработки недр Кузбасса / Ю. А. Степанов, Л. Н. Бурмин // Геоинформатика. – 2025. – № 1. – С. 57–65. – DOI 10.47148/1609-364X-2025-1-57-65.

219 Таксиор, О. П. Цифровизация инспекционной деятельности: передовые технологии для компетентных специалистов / О. П. Таксиор, М. П. Поликарпов // PROНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2021. – Т. 20. – № 2. – С. 81–90. – DOI 10.51890/2587-7399-2021-6-2-81-90.

220 Теоретические основы автоматизации процессов атласного картографирования / С. А. Крылов, Г. И. Загребин, А. В. Дворников, Д. С. Логинов, И. Е. Фокин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2018. – Т. 62. – № 3. – С. 283–293. – DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-3-283-293.

221 Тигеев, А. А. Картографо-информационное обеспечение решения региональных экологических проблем Тюменской области : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.36 / Тигеев Александр Анатольевич. – Барнаул, 2006. – 19 с.

222 Тикунов, В. С. Моделирование в картографии : учебник / В. С. Тикунов. – Москва : Изд-во Московского университета, 1997. – 403 с. – ISBN 5-211-03346-9.

223 Тикунов, В. С. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение / В. С. Тикунов, Д. А. Цапук. – Москва ; Смоленск : Изд-во СГУ, 1999. – 176 с.

224 Толковый словарь русского языка [в 4 т.] / Под ред. Д. Н. Ушакова. – Москва : Центр «Терра», 1996.

225 Три века геологической картографии России / А. И. Бурдэ, С. И. Стрельников, Н. В. Межеловский [и др.]. – Москва ; Санкт-Петербург, 2000. – 438 с. – ISBN 5-93761-014-8.

226 Тюкленкова, Е. П. Современные проблемы картографического обеспечения территории Российской Федерации с учетом геополитических интересов страны / Е. П. Тюкленкова, В. В. Пресняков, Г. Ю. Синицина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 783.

227 Филатов, В. Н. Навигационно-картографическое обеспечение железнодорожного транспорта в интересах комплексной безопасности / В. Н. Филатов // Труды Института прикладной астрономии РАН. – 2012. – № 23. – С. 289–296.

228 Филатов, Д. М. Организация картографического обеспечения Российской императорской армии и Рабоче-Крестьянской Красной Армии в период с 1904 по 1941 год / Д. М. Филатов // Академический вестник войск национальной гвардии Российской Федерации. – 2020. – № 2. – С. 57–62.

229 Финкельштейн, М. Я. Технология обработки и анализа данных на базе геоинформационной системы INTEGRO для решения задач прогноза твердых полезных ископаемых : автореф. дис. … д-ра техн. наук : 25.00.35 / Финкельштейн Михаил Янкелевич. – Москва, 2002. – 50 с.

230 Фирсов, Ю. Г. Проблемы картографического обеспечения при изучении Северного Ледовитого океана и задачи батиметрических исследований в Российской Арктике / Ю. Г. Фирсов, А. Г. Зинченко // Вестник гос. ун-та морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2023. – Т. 15. – № 2. – С. 226–246. – DOI 10.21821/2309-5180-2023-15-2-226-246.

231 Хаин, В. Е. История и методология геологических наук : учебник / В. Е. Хаин, А. Г. Рябухин. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 222 с. – ISBN 5-211-03506-2.

232 Хайбрахманов, Т. С. Картографическое обеспечение эколого-геохимической оценки запечатанных почв на урбанизированных территориях / Т. С. Хайбрахманов, Е. М. Никифорова, Н. Е. Кошелева // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2017. – Т. 23. – № 1. – С. 256–266. – DOI 10.24057/2414-9179-2017-1-23-256-266.

233 Хуторянский, Е. Ю. Картографическое обеспечение геоэкологического мониторинга городских территорий / Е. Ю. Хуторянский // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2004. – № 4. – С. 73–81.

234 Чернов, И. В. Комплекс геоинформационного обеспечения / И. В. Чернов, Г. К. Осипов, Ю. В. Левадный // Информация и космос. – 2023. – № 1. – С. 120–125.

235 Чернов, И. В. Модель процесса создания и издания картографической продукции / И. В. Чернов, В. И. Якунин // Геодезия и картография. – 2022. – № 1. – С. 12–17. – DOI 10.22389/0016-7126-2022-979-1-12-17.

236 Чернов, И. В. Модель процесса создания картографической продукции для решения задачи синтеза системы картографического производства / И. В. Чернов, В. И. Якунин // Геодезия и картография. – 2023. – № 2. – С. 21–28. – DOI 10.22389/0016-7126-2023-992-2-21-28.

237 Чернов, И. В. Подход к проектированию оперативных картографических работ и издания карт / И. В. Чернов, А. В. Гомзяков, К. И. Титов // Информация и космос. – 2021. – № 2. – С. 138–142.

238 Черных, Д. В. Информационно-картографическое обеспечение природно-хозяйственного районирования российской части Алтае-Саянского региона / Д. В. Черных, М. А. Индюкова, Л. Ф. Лубенец // Изв. Алтайского отделения русского географического общества. – 2017. – Т. 44. – № 1. – С. 34–41.

239 Чесалов, Л. Е. Опыт создания и эксплуатации национальных банков геолого-геофизической информации / Л. Е. Чесалов // Недропользование XXI век. – 2018. – Т. 75. – № 5. – С. 60–68.

240 Чесалов, Л. Е. Создание единой среды для интеграции информационных ресурсов в природопользовании : автореф. дис. … д-ра техн. наук : 25.00.35 / Чесалов Леонид Евгеньевич. – М., 2005. – 37 с.

241 Чибряков, Я. Ю. О термине «картографирование» / Я. Ю. Чибряков // Геодезия и картография. – 2019. – № 8. – С. 59–63. – DOI 10.22389/0016-7126-2019-950-8-59-63.

242 Шилина, Г. В. Методика и технология оперирования геолого-геофизическими данными в геоинформационных пакетах : автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук : 25.00.35 / Шилина Галина Васильевна. – Тюмень, 2004. – 22 с.

243 Штыкова, Н. Б. Картографическое обеспечение ГИС «Кадастровая оценка шельфа» для нефтегазовой отрасли : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 25.00.33 / Штыкова Наталья Борисовна. – Санкт-Петербург, 2005. – 16 с.

244 Юканова, Е. А. Технология систематизации геолого-геофизической информации для цифрового геологического моделирования крупных длительно разрабатываемых месторождений УВ : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.10 / Юканова Елена Анатольевна. – Москва, 2009. – 26 с.

245 Юон, Е. М. Методика и технология унификации и обработки данных в прикладных ГИС-ориентированных системах : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.35 / Юон Егор Михайлович. – Москва, 2011. – 26 с.

246 Юрковская, Т. К. IX Всесоюзная научно-техническая конференция по тематическому картографированию / Т. К. Юрковская // Геоботаническое картографирование. – 1990. – С. 85–87.

247 Яковлева, С. И. Картографическое обеспечение региональных стратегий России / С. И. Яковлева // Региональные исследования. – 2015. – Т. 50 . – № 4. – С. 42–48.

248 Янкелевич, С. С. Разработка теории и методологии картографирования территории на основе геопространственных знаний : дис. … д-ра техн. наук : 1.6.20 / Янкелевич Светлана Сергеевна. – Новосибирск, 2024. – 245 с.

249 Янкелевич, С. С. Функции карты в условиях постиндустриальной эпохи / С. С. Янкелевич // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25. – № 2. – С. 160–168. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-2-160-168.

250 A framework of pan-maps: facilitating a unification of maps and map-likes / Y. Chen, D. Ma, S. Ying, [et al.]. // Proceedings of the ICA. – Vol. 4(20). – P. 1–8. – DOI 10.5194/ica-proc-4-20-2021.

251 A map-based decision-support system for delivery planning / J. C. F. Wong, P. T. W. Fung, C-H. Cheng, J. M. Y. Leung // International Journal of Services Operations and Informatics. – 2007. – Vol. 2. – № 1. – P. 1–17. – DOI 10.1504/IJSOI.2007.012694.

252 A new guideline for geological maps with QGIS / G. Erharter, M. Steinbichler, M. Eder [et al.]. // Austrian Journal of Earth Sciences. – 2023. – Vol. 116. – № 1. – P. 147–150. – DOI 10.17738/ajes.2023.0008.

253 Armstrong, M. P. Cartographic support for locational problem-solving by groups / M. P. Armstrong, P. J. Densham // International Journal of Geographical Information Science. – 2008. – Vol. 22. – № 7. – P. 721–749. – DOI 10.1080/13658810701602252.

254 Azócar Fernández, P. I. Paradigmatic Tendencies in Cartography and Mapping during the Scientific and Postmodern Periods / P. I. Azócar Fernández // Proceedings of the ICC 2013. – 21 p. – URL: https://clck.ru/3RZFKU (дата обращения 20.02.2026).

255 Azócar Fernández, P. I. Paradigms in Cartography. An Epistemological Review of the 20th and 21st Centuries / P. I. Azócar Fernández, M. F. Buchroithner. – Springer, 2014. – 150 p. – DOI 10.1007/978-3-642-38893-4.

256 Basaraner, M. Revisiting cartography: towards identifying and developing a modern and comprehensive framework / M. Basaraner // Geocarto International. – 2016. – Vol. 31. – № 1. – P. 71–91. – DOI 10.1080/10106049.2015.1041560.

257 Beard, C. Cartographic Support for the 2010 Decennial Census of the United States / C. Beard, M. DeGennaro, W. Thompson // Cartography and Geographic Information Science. – 2011. – Vol. 38. – № 3. – P. 320–325. – DOI 10.1559/15230406382320.

258 Board, C. Cartographic communication / C. Board // Cartographica Monograph. – 1981. – Vol. 27. – P. 42–78. – DOI: 10.3138/8R07-2125-L843-0767.

259 Cartographic Support of Local Environmental Monitoring of Licensed Areas of Oil Production Enterprises of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra / E. Kozelkova, B. Seredovskikh, A. Vasilkova, V. Isypov // E3S Web Conference. – 2021. – Vol. 295(04002) – P. 1–8. – DOI 10.1051/e3sconf/202129504002.

260 Cartwright, W. Neocartography: Opportunities, Issues and Prospects / W. Cartwright // South African Journal of Geomatics. – 2012. – Vol. 1. – № 1. – P. 14–31.

261 Cauvin, C. Thematic Cartography and Transformations / C. Cauvin, F. Escobar, A. Serradj // London : Iste Ltd, 2010. – 486 p. – DOI 10.1002/9781118558133.

262 Coetzee, S. A Review of Maps in PhDs: Is Your Map Worth a Thousand Words? / S. Coetzee, S. Carow, L. Snyman // The Cartographic Journal. – 2022. – Vol. 59. – № 2. – P. 150–164. – DOI 10.1080/00087041.2021.2006980.

263 Conceptualizing and Validating the Trustworthiness of Maps through an Empirical Study on the Influence of Cultural Background on Map Design Perception / G. Gartner, O. Ignateva, B. Zhunis [et al.]. // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2024. – Vol. 13. – № 2. – P. 39. – DOI 10.3390/ijgi13020039.

264 Crampton, J. W. Mapping: A Critical Introduction to Cartography and GIS / J. W. Crampton. – Oxford : Willey-Blackwell, 2010. – P. 217. – ISBN 978-1-4051-2172-9.

265 Definition of the Map / M. Lapaine, T. Midtbø, G. Gartner [et al.]. // Advances in Cartography and GIScience of the ICA. – 2021. – Vol. 3. – № 9. – P. 1–6 p. – DOI 10.5194/ica-adv-3-9-2021.

266 Detection and monitoring of offshore oil seeps using ERS/ENVISAT SAR/ASAR data and seep-seismic studies in Krishna–Godavari offshore basin, India / D. S. Mitra, T. J. Majumdar, R. Ramakrishnan [et al.]. // Geocarto International. – 2012. – Vol. 28. – № 5. – P. 404–419. – DOI 10.1080/10106049.2012.715207.

267 DiBiase, D. Visualization in the earth sciences / D. DiBiase // Earth and Mineral Sciences. – 1990. – Vol. 59. – № 2. – P. 13–18.

268 Envisioning the future of academic cartographic education / G. Gartner, M.-J. Kraak, D. Burghardt [et al.]. // Abstracts of the ICA. – 2019. – Vol. 1(89). – DOI 10.5194/ica-abs-1-89-2019.

269 Fairbairn, D. Epistemological thoughts on the success of maps and the role of cartography / D. Fairbairn, G. Gartner, M. P. Peterson // International Journal of Cartography. – 2021. – Vol. 7. – № 3. – P. 317–331. – DOI 10.1080/23729333.2021.1972909.

270 Fisher, P. F. On Distinction Among Cartography, Remote Sensing and Geographic Information Systems / P. F. Fisher, R. E. Lindenberg // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. – 1989. – Vol. 55. – № 10. – P. 1431–1434.

271 Fraser Taylor, D. R. Geography, GIS and the modern mapping sciences. Convergence or divergence? / D. R. Fraser Taylor // Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization. – 1993. – Vol. 2–3. – № 30. – P. 47–53. – DOI 10.3138/l426-0153-q72j-2324.

272 Fraser Taylor, D. R. Some New applications in the theory and practice of cybercartography: Mapping with indigenous people in Canada's north / D. R. Fraser Taylor // Proceedings of the ICC 2009. – 2009. – URL: https://clck.ru/3RYXPh (дата обращения 16.12.2025).

273 Freitag, U. Map Functions / U. Freitag // Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization. – 1993. – Vol. 30. – № 4. – P. 1–20. – DOI 10.3138/DQ3R-34T9-7227-51TX.

274 Gartner, G. Towards a Research Agenda for Increasing Trust in Maps and Their Trustworthiness / G. Gartner // Kartografija i Geoinformacije. – 2022. – Vol. 21. – P. 48–58. – DOI 10.32909/kg.21.si.4.

275 Geodata in science – a review of selected scientific fields / M. Apollo, M. Jakubiak, S. Nistor [et al.]. // Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus. – 2023. – Vol. 22. – № 2. – P. 17–40. – DOI 10.15576/ASP.FC/2023.22.2.02.

276 Geographic Information Systems (GISs) Based on WebGIS Architecture: Bibliometric Analysis of the Current Status and Research Trends / J. Vinueza-Martinez, M. Correa-Peralta, R. Ramirez-Anormaliza [et al.]. // Sustainability. – 2024. – Vol. 16. – № 15. – P. 6439. – DOI 10.3390/su16156439.

277 Geovisualization for Knowledge Construction and Decision Support / T. M. Rhyne, A. M. MacEachren, M. Gahegan [et al.]. // IEEE Computer Graphics and Applications. – 2004. – Vol. 24. – № 1. – P. 13–17. – DOI 10.1109/MCG.2004.1255801.

278 Gomes, F. C. M. The concept of cartography, definitions from 1960 to 2000 / F. C. M. Gomes, P. D. L. Menezes, M. C. Fernandes // Mercator, Fortaleza. – Vol. 23. – 15 p. – DOI 10.4215/rm2024.e23015.

279 Habib, M. An overview of modern cartographic trends aligned with the ICA's perspective / M. Habib, M. Okayli // Revue Internationale de Géomatique. – 2023. – Vol. 32. – № 1. – P. 1–16. – DOI 10.32604/rig.2023.043399.

280 Huang, H. Choose your own route – supporting pedestrian navigation without restricting the user to a predefined route / H. Huang, T. Mathis, R. Weibel // Cartography and Geographic Information Science. – 2021. – Vol. 49 – № 2. – P. 95–114. – DOI 10.1080/15230406.2021.1983731.

281 India's hydrocarbon outlook. A report on Exploration &Production Activities. 2020–2021 // Directorate General of Hydrocarbons, 2021. – 198 p. – URL: https://dghindia.gov.in/assets/downloads/ar/2022-23.pdf (дата обращения 26.09.2025).

282 Jobst, M. Vector Tile Table Join Service (VTJS) – cartographic support for the communication of AI results / M. Jobst, S. Chawanji, G. Gartner // Abstracts of the ICA. – 2021. – Vol. 3(131). – P. 1–2. – DOI 10.5194/ica-abs-3-131-2021.

283 Kang, Y. Artificial intelligence studies in cartography: a review and synthesis of methods, applications, and ethics / Y. Kang, S. Gao, R. E. Roth // Cartography and Geographic Information Science. – 2024. – Vol. 51. – № 4. – P. 599–630. – DOI 10.1080/15230406.2023.2295943.

284 Kent, A. J. Form Follows Feedback: Rethinking Cartographic Communication / A. J. Kent // Westminster Papers in Communication and Culture. – 2018. – Vol. 13. – № 2. – P. 96–112. – DOI 10.16997/wpcc.296.

285 Kitchin, R. Rethinking maps / R. Kitchin, M. Dodge // Progress in Human Geography. – 2007. – Vol. 31. – № 3. – P. 331–344.

286 Koláčný, A. Cartographic Information – a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography / A. Koláčný // The Cartographic Journal. – 1969. – Vol. 6. – № 1. – P. 47–49. – DOI 10.1179/caj.1969.6.1.47.

287 Konečný, M. Geografické informační systémy / M. Konečný, K. Rais. – Brno : Univ. J. E. Purkyně, 1985. – 196 p.

288 Konečný, M. Similarities and Differences in Cartographic and Geoinformatics support of Early Warning and Disaster/crises Management /

M. Konečný, T. Bandrova, P. Kubicek // Proceedings 2nd International Conference on Cartography and GIS, January 21–24, Borovets, Bulgaria, 2008. – 2008. – P. 75–84. – ISBN 978-954-724-038-4.

289 Krawczyk, A. Proposal of Redefinition of the Terms Geomatics and Geoinformatics on the Basis of Terminological Postulates / A. Krawczyk // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2022. – Vol. 11. – №. 11. – P. 557. – DOI 10.3390/ijgi11110557.

290 Kühne, O. Reconstructing the Map: A Neopragmatist Perspective on Cartography in the Context of Artificial Intelligence (AI) / O. Kühne, D. Edler // KN – Journal of Cartography and Geographic Information. – 2025. – P. 14. – DOI 10.1007/s42489-024-00184-8.

291 Li, Y. A Web-Based Visual and Analytical Geographical Information System for Oil and Gas Data / Y. Li, B. Wei, X. Wang // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2017. – Vol. 6. – № 3. – P. 1–22. – DOI 10.3390/ijgi6030076.

292 Lin, Y. Posthuman Cartography? Rethinking Artificial Intelligence, Cartographic Practices, and Reflexivity / Y. Lin, B. Zhao // Annals of the American Association of Geographers. – 2025. – Vol. 115. – № 3. – P. 499–512. – DOI 10.1080/24694452.2024.2435920.

293 Loginov, D. Cartographic support of scientific and production activities: terminology, modeling and communication aspects / D. Loginov // Proceedings of the ICA. – 2025. – Vol. 7(7). – P. 1–7. – DOI 10.5194/ica-proc-7-7-2025.

294 Loginov, D. Real and Virtual maps conception in web mapping: a case of cartographic support for geological exploration in Andaman deep water basin / D. Loginov // Proceedings of the ICA. – 2023. – Vol. 5(13). – P. 1–8. – DOI 10.5194/ica-proc-5-13-2023.

295 Loginov, D. S. Cartography with spatial data in geological exploration: current state and prospects / D. S. Loginov // Proceedings of the 9th International Conference on Cartography and GIS, 16-21 June 2024, Nessebar, Bulgaria; T. Bandrova, M. Konečný, S. Marinova (Eds.). – 2024. – P. 310–320. – URL: https://clck.ru/3RYYB3 (дата обращения 07.08.2025).

296 Loginov, D. S. Density maps of geophysical study as a new type of integrated characteristic of geophysical fields in atlases / D. S. Loginov, S. A. Krylov // Proceedings of the ICA. – 2019. – Vol. 2(77). – P. 1–6. – DOI 10.5194/ica-proc-2-77-2019.

297 Loginov, D. S. Specific features of using GIS atlases in the geophysical mapping / D. S. Loginov // Proceedings of the 6th International Conference on Cartography and GIS, 13-17 June 2016, Albena, Bulgaria; T. Bandrova, M. Konečný (Eds.). – 2016. – P. 615–623. – DOI: 10.13140/RG.2.2.33019.92964.

298 Loginov, D. S. Topographic data in the cartographic support of geological exploration: current state and prospects / D. S. Loginov // ИнтерКарто. ИнтерГИС : Материалы Междунар. конф. – Москва : Географический факультет МГУ, 2023. – Т. 29. – Ч. 1. – С. 521–534. – DOI 10.35595/2414-9179-2023-1-29-521-534.

299 Loginov, D. S. Web technologies in cartographic support of geological exploration / D. S. Loginov // Proceedings of the ICA. – 2021. – Vol. 4(68). – P. 1–6. – DOI 10.5194/ica-proc-4-68-2021. – WOS: 000855572500068.

300 Lukes, G. E. Cartographic support for advanced distributed simulation / G. E. Lukes // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. – 1995. – Vol. 2486. – P. 176–185.

301 MacEachren, A. Research Challenges in Geovisualization / A. MacEachren, M.-J. Kraak // Cartography and Geographic Information Science. – 2001. – Vol. 28. – № 1. – P. 3–12. – DOI 10.1559/152304001782173970.

302 Mackaness, W. Analysis of Urban Road Networks to Support Cartographic Generalization / W. Mackaness // Cartography and Geographic Information Systems. – 1995. – Vol. 22. – № 4. – P. 306–316. – DOI 10.1559/152304095782540267.

303 Moellering, H. Discovering the new world of analytical cartography / H. Moellering // Системы и средства информатики. – 2008. – Т. 18. – № 3. – С. 357–378.

304 Moellering, H. Expanding the ICA conceptual definition of a map / H. Moellering // Proceedings of the ICA, 2007, 23th Cartographic Conference, 4–10 August 2007, Moscow, Russia. – 2007. – 15 p. – URL: https://clck.ru/3RZGq3 (дата обращения 07.08.2025).

305 Navigation and Tracking of Road-Bound Vehicles Using Map Support / F. Gustafsson, U. Orguner, T. B. Schön, P. Skoglar, R. Karlsson // In: A. Eskandarian (Eds), Handbook of Intelligent Vehicles. – London : Springer, 2012. – P. 397–434. – DOI 10.1007/978-0-85729-085-4_16.

306 Ormeling, F. From Ortelius to OpenStreetMap – Transformation of the map into a multifunctional signpost / F. Ormeling // In: Cartography in Central and Eastern Europe; G. Gartner, F. Ortag (eds.) ; Berlin: Springer. – 2010. – P. 1–16.

307 Ostrowski, W. Stages of development of cartography as a science / W. Ostrowski // Miscellanea Geographica. – 2008. – Vol. 13. – № 1. – P. 267–276. – DOI 10.2478/mgrsd-2008-0027.

308 Pal, M. Inspecting map compilation in earth sciences for better communication / M. Pal, G. Albert // Hungarian Geographical Bulletin. – 2021. – Vol. 70 – № 3. – P. 267–280. – DOI 10.15201/hungeobull.70.3.5.

309 Persistent challenges in geovisualization – a community perspective / A. Çöltekin, S. Bleisch, G. Andrienko, J. Dykes // International Journal of Cartography. – 2017. – Vol. 3. – № sup1. – P. 115–139. – DOI 10.1080/23729333.2017.1302910.

310 Peterson, M. P. The Development of Research in Maps and the Internet / M. P. Peterson // In Maps and the Internet; G. Gartner (ed.) ; Technische Universität Wien. – 2002. – P. 1–6.

311 Phuong, N. H. Development of a Web-GIS based Decision Support System for earthquake warning service in Vietnam / N. H. Phuong, N. T. Nam, P. T. Truyen // Vietnam Journal of Earth Sciences. – 2018. – Vol. 40. – № 3. – P. 193–206. – DOI 10.15625/0866-7187/40/3/12638.

312 Pipíšková, P. Map Based Information Support System on Land Use: Case of Horná Nitra, Slovakia / P. Pipíšková, Z. Muchova, D. Dežerický // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – Vol. 23. – № 3. – P. 162–173. – DOI 10.12911/22998993/145327.

313 Rayed, C. A. Using GIS for Modeling a Spatial DSS for Industrial Pollution in Egypt / C. A. Rayed // American Journal of Geographic Information System. – 2012. – Vol. 1. – № 4. – P. 100–104. – DOI 10.5923/j.ajgis.20120104.01.

314 Reisinger, T. W. A map-based decision support system for evaluating terrain and planning timber harvests / T. W. Reisinger, C. J. Davis // Transactions of the ASAE. – 1986. – Vol. 29. – № 5. – P. 1199–1203.

315 Rethinking Maps: New Frontiers in Cartographic Theory / M. Dodge, R. Kitchin, C. Perkins (eds.). – London ; New York, Routledge, 2009. – 246 p.

316 Roth, R. E. User-Centered Design for Interactive Maps: A Case Study in Crime Analysis / R. E. Roth, K. S. Ross, A. M. MacEachren // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2015. – Vol. 4. – № 1. – P. 262–301. – DOI 10.3390/ijgi4010262.

317 Ruiz, M. P. Development of a User-Centered Web-Mapping Application for Ocean Modellers / M. P. Ruiz, E. Stefanakis, I. Church // Marine Geodesy. – 2019. – Vol. 42. – № 6. – P. 507–534. – DOI 10.1080/01490419.2019.1666758.

318 Solovitskiy, A. Digital cartographic support of geodynamic safety of subsoil use based on UAV technologies / A. Solovitskiy // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 164. – P. 7001. – DOI 10.1051/e3sconf/202016407001.

319 Stanek, K. An adaptive cartographic visualization for support of the crisis management / K. Stanek, M. Konečný, L. Friedmannova // In: XXIII International Cartographic Conference, Moscow, 2007. – 2007. – P. 1–9. – URL: https://clck.ru/3RYXgn (дата обращения 07.08.2025).

320 Stanek, K. Decision support cartography for emergency management / K. Stanek, P. Kubicek, L. Friedmannova // In: Joint Workshop «Visualization and Exploration of Geospatial Data», Stuttgart, Germany, 2007. – 2007. – P. 1–3. – URL: https://clck.ru/3RYXo5 (дата обращения 07.08.2025).

321 Strategic plan for 2019–2027. – International Cartographic Association. – 2019. – P. 1–9. – URL: https://clck.ru/3RYXbq (дата обращения 25.02.2026).

322 Sugumaran, R. Spatial Decision Support Systems: Principles and Practices / R. Sugumaran, J. Degroote. – 2010. – CRC Press. – 508 p. – DOI 10.1201/b10322.

323 Suitability and challenges of open maps for Europe data for creating a general purpose small-scale map of Croatia / A. Kuveždić Divjak, K. Kević, M. Viličić, V. Hlatki // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial

Information Sciences. – 2023. – Vol. XLVIII-1/W2-2023. – P. 959–966. – DOI 10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-959-2023.

324 Trainor, T. U.S. Census Bureau Geographic Support: A Response to Changing Technology and Improved Data / T. Trainor // Cartography and Geographic Information Science. – 2003. – Vol. 30. – № 2. – P. 217–223. – DOI 10.1559/152304003100011054.

325 Tsou, M. H. Beyond mapping: extend the role of cartographers to user interface designers in the Metaverse using virtual reality, augmented reality, and mixed reality / M. H. Tsou, C. Mejia // Cartography and Geographic Information Science. – 2023. – Vol. 51. – № 5. – P. 659–673. – DOI 10.1080/15230406.2023.2264748.

326 Underwater Survey for Oil and Gas Industry: A Review of Close Range Optical Methods / B. Chemisky, F. Menna, E. Nocerino, P. Drap // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13. – № 2789. – 31 p. – DOI 10.3390/rs13142789.

327 Veenendaal, B. Review of Web Mapping: Eras, Trends and Directions / B. Veenendaal, M. A. Brovelli, S. Li // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2017. – Vol. 6. – № 10. – P. 317. – DOI 10.3390/ijgi6100317.

328 Virrantaus, K. ICA research agenda on cartography and GI science / K. Virrantaus, D. Fairbairn, M.-J. Kraak // Cartographic journal. – 2009. – Vol. 46. – № 2. – P. 63–75. – DOI 10.1179/000870409X459824.

329 Voženílek, V. Cartographic Support of Fire Engine Navigation to Operation Site // V. Voženílek, L. Zajíčková // In: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. – 2010. – P. 113–128. – DOI 10.1007/978-3-642-03442-8_8.

330 Web-oriented software system for analysis of spatial geophysical data using geoinformatics methods / A. A. Soloviev, R. I. Krasnoperov, B. P. Nikolov [et al.]. // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. – 2018. – Vol. 54. – № 9. – P. 1312–1319. – DOI 10.1134/S0001433818090360.

331 Župan, R. Cartographic Support in Crisis Management / R. Župan, M. Stanić, S. Ključanin // In: Advanced Technologies, Systems, and Applications VII. IAT 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. – Springer, Cham, 2023. – Vol. 539. – P. 611–624. – DOI 10.1007/978-3-031-17697-5_46.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО И ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

А.1 Характеристика основных форм реализации геоинформационного обеспечения природопользования и недропользования

Собственное программное обеспечение. Подготовка собственного программного обеспечения, направленного на решение широкого спектра геоинформационных задач, характерна в большей степени для недропользования в силу специфических особенностей форматов хранения данных, расширенного математического аппарата, требующегося для их обработки и интерпретации. Несмотря на явную принадлежность исследований к геоинформационному обеспечению, в структурных частях авторефератов (цели, задачи, содержание) подчеркивается их направленность преимущественно на *информационное* (Чесалов Л. Е., 2005; Галуев В. И., 2009; Митракова О. В., 2011; Наговицын О. В., 2018) и *программно-алгоритмическое* обеспечение (Финкельштейн М. Я., 2002; Середкин А. Б., 2011). К *картографическому* обеспечению отнесены вопросы разработки методов и средств создания навигационных гравитационных карт только в работе Боброва Д. С. (2020) [23].

Проблемно-ориентированные ГИС. В середине 2000-х гг. фиксируется пик диссертационных работ, связанных с адаптацией полнофункциональных ГИС-технологий к обеспечению производственных процессов геологоразведочных предприятий. Как следствие, помимо ранее отмеченных, в ряде исследований основное внимание уделяется разработке проблемно-ориентированных геоинформационных систем на базе действующих ГИС. Механизм таких работ предусматривает следующие сценарии.

Первый сценарий, наиболее распространенный до массового перехода на программное обеспечение семейства продуктов ArcGIS, предполагал разработку информационных систем в виде настроенных окон ГИС с конкретным составом

слоев и рядом дополнительных модулей, создаваемых на встроенном языке программных процедур Avenue. Примеры таких ГИС: региональная гидрологическая ГИС [193], ГИС картографо-геоинформационного обеспечения проектных работ по обустройству нефтегазовых месторождений [186], а также производственная ГИС изученности территории Новосибирской и Омской областей на нефть и газ глубоким бурением и сейсморазведкой [70].

Второй сценарий – разработка собственных ГИС и веб-приложений на базе возможностей полнофункциональных ГИС, СУБД и языков программирования. Геоинформационное обеспечение мониторинга землетрясений в работе Степанова И. В. (2011) реализовано в виде проблемно-ориентированной ГИС, структуры базы данных и алгоритма автоматизированного выполнения последовательности операций с совокупностью данных наземных наблюдений, ДЗЗ из космоса, картографических источников, с помощью инструментов ГИС ArcGIS на базе приложения ModelBuilder [217]. В исследовании Деминой О. И. (2013) рассматривается информационно-картографическое обеспечение специализированной ГИС, разработанной на базе QGIS, PostGIS, Python для «повышения эффективности геолого-геохимических исследований и поисков месторождений высокочистого кварцевого сырья» [58].

В третьем сценарии под проблемно-ориентированной ГИС понимается разработка ГИС-проектов – рабочих областей полнофункциональных ГИС, в которых электронные слои пространственных данных и связанные с ними содержательные части базы данных структурированы в соответствии с решаемой проблемой. Одна из первых региональных геологических ГИС в форме ГИС-проектов на базе ArcView была создана Наумовой В. В. (2004) [151]. В начале 2010-х гг. развитие получают ГИС-проекты на базе иных полнофункциональных ГИС, в том числе с открытым программным кодом. В работе Паршина А. В. (2012) на базе QGIS создана многокомпонентная распределенная геоинформационная система с веб-интерфейсом для государственного экологического мониторинга водной среды и контроля физико-химических параметров поверхностных вод озера Байкал [178]. На базе MapInfo Professional и языка программирования MapBasic Виногра-

довым П. М. (2015) реализован геоинформационно-аналитический комплекс для геоэкологического мониторинга и интегральной оценки экологического состояния территории крупного промышленного центра [33].

Четвертый сценарий подразумевает обеспечение возможности перехода из собственных проблемно-ориентированных ГИС в отдельные программные окна других ГИС. Как правило, такая функция необходима для вызова программных инструментов и модулей, отвечающих требованиям специалистов и не нуждающихся в дублировании в собственной ГИС, либо эти модули лучше реализованы в готовых программных средствах. В частности, обращение к ArcView для построения цифровых геохимических карт и схем предусматривается функциональными возможностями интерактивного прикладного программного обеспечения по обработке геохимической информации [146].

Веб-ГИС, веб-приложения, веб-сервисы. Первые успешные попытки предоставления геологической информации широкому кругу пользователей в сети Интернет показали потенциал специализированных ГИС и информационно-аналитических систем недропользования для усложнения функциональных возможностей. В результате, помимо создания инструментов работы с пространственными данными отраслевого назначения, рассматривались вопросы разработки как веб-компонентов специализированных ГИС [147], так и отдельных веб-ГИС в качестве рабочего места пользователя [245].

С развитием функциональных возможностей различных форм ГИС в части предоставления веб-доступа к информации, хранящейся в специализированных базах данных, удовлетворение потребностей большего количества пользователей при работе с пространственными данными отраслевого характера реализуется как с помощью специализированных ГИС и веб-надстроек, так и с помощью отдельных веб-картографических продуктов: геопорталов, картографических веб-сервисов, мобильных ГИС. Так, использование веб-интерфейсов как один из вариантов просмотра результатов гидрологических наблюдений без применения специализированных программных средств апробировано в работе Паршина А. В. (2012) [178]. Картографический веб-сервис как специализированный веб-

интерфейс для повышения производительности работы и взаимодействия пользователей с базой геолого-геохимического материала представлен в работе Дорошкова А. А. (2013) [59].

Модули, алгоритмы, плагины, программные коды. Большинство рассмотренных исследований включает подготовку различных модулей, алгоритмов, плагинов или программных кодов для автоматизации задач недропользования и иных аспектов природопользования. Такие результаты геоинформационного обеспечения представляют собой либо *средство расширения* функциональных возможностей разрабатываемых специализированных ГИС, ГИС-проектов и веб-ГИС (инструментальное обеспечение), либо *самостоятельный продукт* (алгоритмическое обеспечение). Примеры первой группы – разработанные под руководством Финкельштейна М. Я. (2002) блоки решения задач прогноза твердых полезных ископаемых, построения мелкомасштабных карт по крупномасштабным данным, которые положены в основу специализированной ГИС INTEGRO [229]. В виде программных модулей в состав программного комплекса GIA вошли технологии прогнозирования нефтегазоносности на основе формализации знаний и картографической информации [61], создания и использования региональных и целевых баз данных [99]. Алгоритмы корректировки геолого-геофизической и промысловой информации при построении и мониторинге геолого-фильтрационных моделей уникальных многопластовых нефтегазовых месторождений реализованы в программном комплексе DV-GEO [244].

Разработка модулей также направлена на расширение возможностей полнофункциональных ГИС для обработки специализированных данных и обеспечения задач природопользования. Примерами являются работы: Пьянкова С. В. (2006) по созданию программных модулей для математико-картографической обработки гидрографической и гидрологической информации [193]; Михайлова Д. И. (2007) по обеспечению доступа к базам данных полевых физико-географических исследований через пользовательский интерфейс [148]; Миловановой М. С. (2012) по геоинформационному обеспечению космического топографического мониторинга арктических территорий [144].

Методики создания цифровых картографических продуктов с помощью ГИС. Подготовка картографических моделей исследуемых явлений и процессов, как правило, представлена в качестве апробации программных решений, методик и технологий при автоматизированном создании и актуализации макетов государственных геологических карт масштабов 1 : 200 000, 1 : 1 000 000 [215], актуализации государственной геолого-картографической основы минерагенических карт на золото, уран масштаба 1 : 200 000 [57]. Тем не менее целью ряда исследований является подготовка с помощью геоинформационных методов картографических продуктов – карт инженерно-геологических условий для обустройства нефтегазовых месторождений [186]. Составляются карты магнитного поля масштаба 1 : 200 000 (Шилина Г. В., 2004 [242]); геохимические (Митина Н. В., 2006 [146]), литохимические карты распределения мультипликативных аномалий для установления размещения медно-никелевых сульфидных и полиметаллических руд центральной части Восточного Саяна (Дорошков А. А., 2013 [59]); карты-схемы прогноза и оценки перспектив нефтегазоносности (Кхалаф М., 2004 [102]); прогнозные карты на высокочистое кварцевое сырье (Демина О. И., 2013) [58].

Методики решения отраслевых задач с помощью пространственного анализа и картографической визуализации его результатов. Рассмотренные виды геоинформационных продуктов тесно связаны с разработкой инструментов пространственного анализа и методик их применения как одного из основных функциональных средств ГИС. Начиная с 2004 г. наибольшее распространение получили методики определения перспектив нефтегазо- и рудоносности на основе геолого-геофизических пространственных данных [57; 102; 244]. Инструменты также применяются для пространственного анализа лицензирования недропользования, оценки приоритетности освоения россыпных месторождений [240], для районирования территории по степени воздействия горных работ на деформацию земной поверхности [100]. Работы сопровождаются картографической визуализацией результатов пространственного анализа.

Структура баз данных. Оперирование пространственными данными предусматривает обращение к структурированной пространственной, атрибутивной,

документированной информации, вследствие чего важна разработка структуры базы данных на концептуальном, логическом и физическом уровнях [99; 148; 193]. Выявлено, что в части рассмотренных диссертационных исследований либо не акцентируется внимание на конкретных решениях, либо отмечается выполнение указанной процедуры на концептуальном уровне [33; 144; 217].

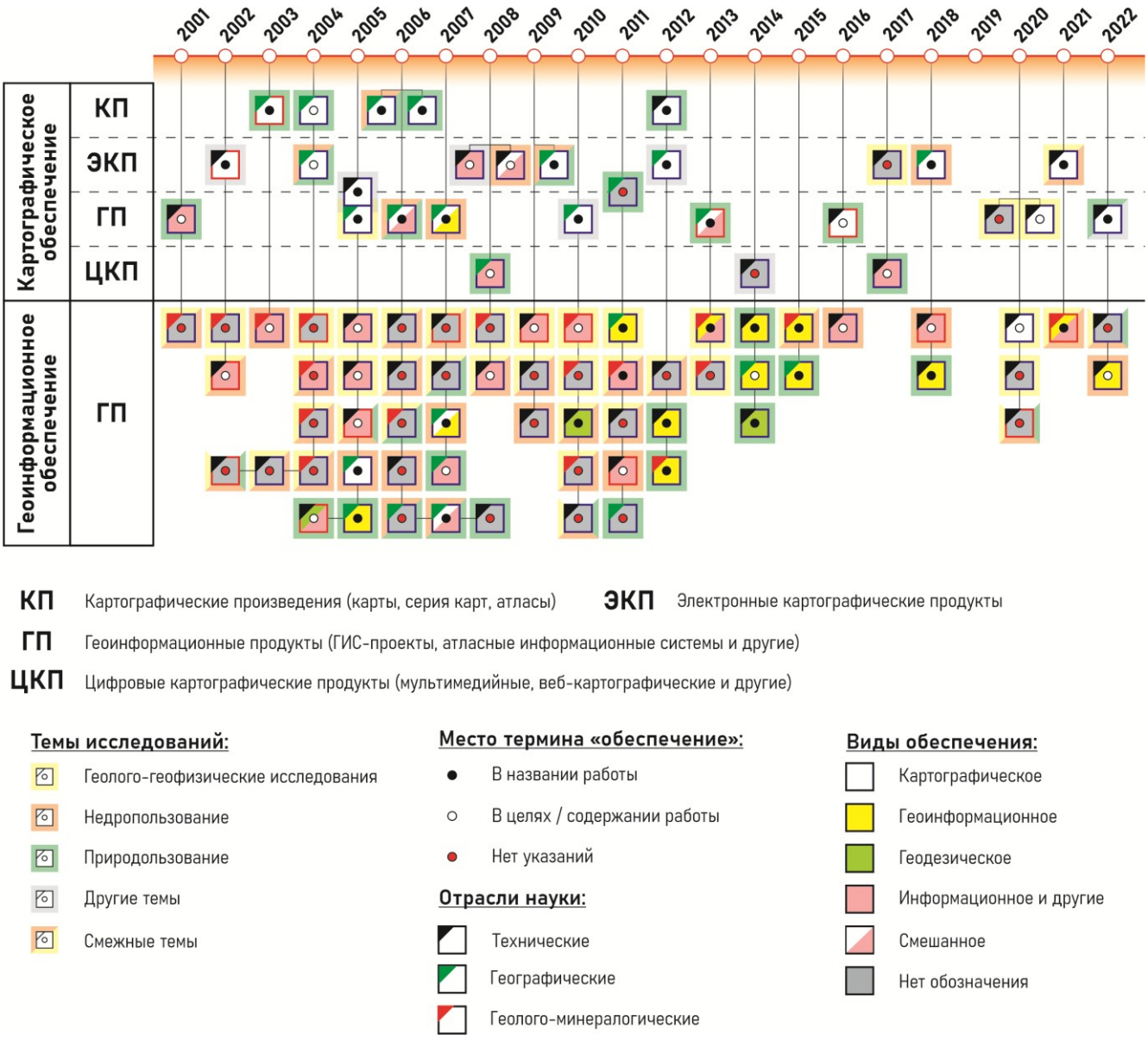


Рисунок А.1 – Распределение на временной шкале диссертационных исследований в области картографического и геоинформационного обеспечения



Рисунок А.2 –Характеристика диссертационных исследований в области картографического и геоинформационного обеспечения природопользования и недропользования (2001–2022)

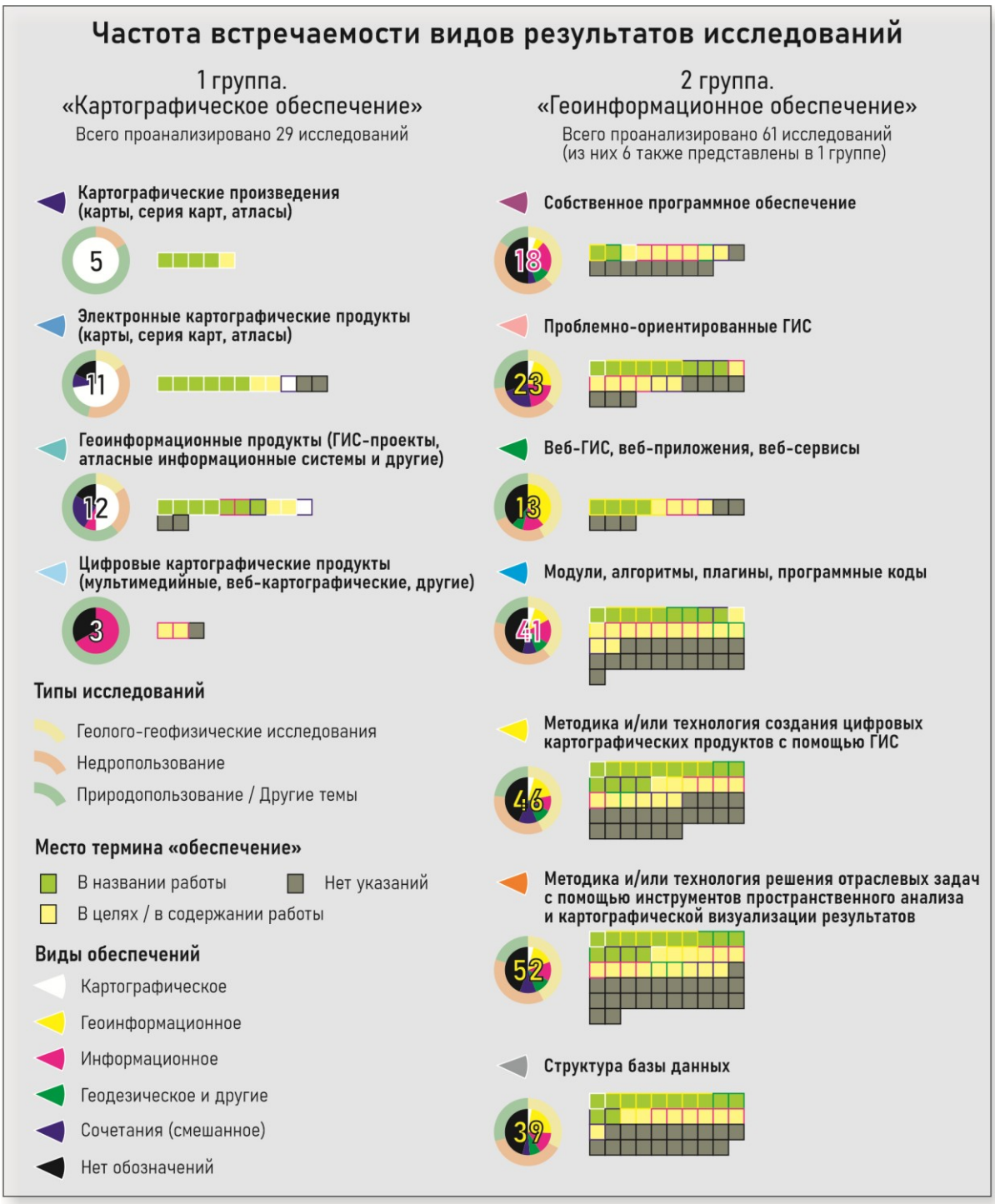


Рисунок А.3 – Оценка частоты встречаемости результатов диссертационных исследований в области картографического и геоинформационного обеспечения природопользования и недропользования

Таблица А.1 – Вариативность отнесения картографических и геоинформационных продуктов и процессов к видам обеспечения научно-технической деятельности

Вид результата	Число публикаций	Частота встречаемости (баллы)				Устойчивость
		КО	ГО	ИО	Другие	
Картографические и геоинформационные продукты						
Атласы. Система карт	30	27,75	1,75	0,75	1,75	84,4 %
Карты. Серия карт	79	69,25	2,25	4	4,5	83,8 %
Картографические веб-сервисы (в том числе веб-интерфейс; веб-, интерактивные карты; интернет-сервисы)	30	28,75	0,25	4,5	0,5	83,8 %
Туристские карты	15	12,5	0	1,5	0	78,6 %
Картографические материалы	45	37,25	5	2,5	1,25	78,3 %
Тематические карты	66	56,5	4,25	5,25	3	77,5 %
Картографическая основа	32	28	1	3,75	2,25	77,1 %
Программные модули, алгоритмы	14	11	0,5	0,75	1,75	75,0 %
Топографические карты	23	17,75	1	1	4,25	69,8 %
Учебный курс (пособие)	16	15	0	2	2	68,4 %
(Гео)пространственные данные	27	21,25	0,75	3,25	4,75	68,3 %
Данные ДЗЗ из космоса и их использование	35	27,75	2	3	5,25	67,8 %
Электронные картографические продукты (включая электронные карты; электронные атласы)	22	16,25	2,5	1,75	1,5	67,0 %
Картографические модели (включая трехмерные)	20	17,5	0	1,75	4,75	65,6 %
Цифровая картографическая продукция (включая цифровые картографические произведения; карты; цифровые модели; мультимедийные карты)	47	35,5	3,25	5,5	5,75	64,5 %
Методические аспекты	46	36,25	2,5	5,25	10	62,5 %
Информационные картографические продукты (включая информационный портал; картографическую информацию; карту как источник информации)	44	34,5	4,5	5	6	60,0 %
Геопорталы	7	5,25	0,5	1	1,25	59,4 %
Математическая основа	9	8	1	0	3	58,3 %
Инфраструктура пространственных данных	10	6,75	0	2	1,25	55,0 %

Вид результата	Число публикаций	Частота встречаемости (баллы)				Устойчивость
		КО	ГО	ИО	Другие	
БПД (структура)	47	28,25	4	7,25	6,5	52,7 %
Геоинформационные продукты (включая (гео)информационные аналитические системы / автоматизированные информационные системы; веб-ГИС и атласы; ГИС-проекты и атлас; специализированные ГИС; тематические слои (геоинформационные))	59	37,5	12,5	10,5	4,5	50,8 %
Картографические базы данных	14	8,75	2,25	2,5	1,5	48,3 %
Схемы и генеральный план	18	12	2,25	3,25	4,5	44,3 %
Законодательная база	9	6,75	0	1,75	5,5	35,7 %
(Единое) (гео)информационное пространство	4	1,5	0	0,75	0,75	25,0 %
Картографические и геоинформационные процессы						
Картографический метод исследования	20	16,75	1,25	0,75	0,25	86,8 %
Создание / составление / проектирование карт	17	15	0,25	0,5	2,25	81,9 %
Картографическая визуализация (отображение / оформление)	26	20,25	2	1	0,75	81,3 %
Разработка условных обозначений	11	9	-	-	1	80,0 %
Создание карт с использованием ГИС	31	26,5	1,5	3,5	1,5	75,8 %
Геоинформационное картографирование	21	16,75	3,75	1	0,5	73,9 %
Использование карт	10	8,5	0	0	1,5	70,0 %
Картографирование	23	16,25	1,75	1,5	2,5	67,0 %
Картографические работы	8	5	1	0	0	66,7 %
Пространственный анализ данных	21	16	3,75	2	1,25	64,1 %
Тематическое картографирование	4	3,25	0	0	0,75	62,5 %
Использование ГИС	35	27,5	4,75	3,5	3,25	62,2 %
Геоинформационное моделирование	15	13,25	2	2,75	2	56,3 %
Картографическое моделирование	3	2,25	0	0	0,75	50,0 %
Создание ГИС	4	2,75	1,25	0	0	37,5 %

КО – картографическое обеспечение, ГО – геоинформационное обеспечение, ИО – информационное обеспечение, другие – иные виды обеспечений научно-технической деятельности

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ КАК ЦЕЛЕВОЙ СФЕРЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Стратегические вопросы восполнения минерально-сырьевой базы страны являются ключевыми для недропользования – «деятельности, связанной с геологическим изучением и охраной недр, поиском, разведкой и добычей полезных ископаемых, использованием недр для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых, а также деятельности, связанной с иными видами использования объектов и ресурсов недр» [46]. Согласно Указу Президента РФ от 07.06.2011 № 899 технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи входили в перечень критических технологий Российской Федерации [166].

В условиях рыночной экономики под недропользованием понимается «выполнение работ, соответствующих лицензии на право геологического изучения недр, добычи полезных ископаемых, использования и захоронения отходов производства, строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых» [49]. Вопросы использования недр федеральными государственными учреждениями и юридическими лицами регулируются действующей системой лицензирования недропользования, установленной Законом РФ от 21.02.1992 №2395-I «О недрах» (с изменениями) [158]. Выполнение лицензионных обязательств осуществляется недропользователем в пределах вверенного ему государством горного и/или геологического отвода (геометризованного блока недр, участка лицензирования недр) собственными силами и/или с привлечением подрядных организаций (субъектов малого и среднего предпринимательства), оказывающих сервисные и консалтинговые услуги. Таким образом, на выполнение задач недропользования в организационном плане влияют взаимоотношения между *субъектами геологоразведочного процесса*: государством, недропользователем, подрядными организациями.

Практическая реализация недропользования выполняется в рамках ГРР – «совокупности взаимосвязанных и применяемых в определенной последователь-

ности работ и научных исследований по геологическому изучению недр, обеспечивающих выявление месторождений, их прогнозных ресурсов и подготовку разведанных запасов полезных ископаемых для промышленного освоения» [46]. Снижение степени неопределенности параметров геологических объектов – необходимое условие повышения эффективности использования недр, – поэтому рационализация геологоразведочного процесса предполагает последовательное (стадийное) изучение геологического строения территории страны (рис. Б.1). Перечень этапов и стадий геологического изучения недр зафиксирован в соответствующих нормативных правовых документах в зависимости от вида полезного ископаемого [163; 165]. Завершение каждой части работ сопровождается «оценкой результатов на данной стадии и рекомендациями о целесообразности проведения детальных работ на следующей стадии» [46].

Наибольший вклад в решение задач геологического изучения, использования и охраны недр на всех этапах системного процесса ГРР оказывают собственно геологические и геофизические методы изучения горных пород и руд, полезных ископаемых и физических полей Земли. Методы формируют особое направление – ГГИ. Их технологическая структура по функциональным характеристикам и целевому назначению состоит из семи этапов (табл. Б.1), из которых этап накопления и хранения информации является внутренним звеном, фактически связывающим полевую и камеральную фазу ГГИ в единый линейный производственный процесс. Такая специфика является выражением «системного подхода к применению картографического метода» в геологических исследованиях [30].

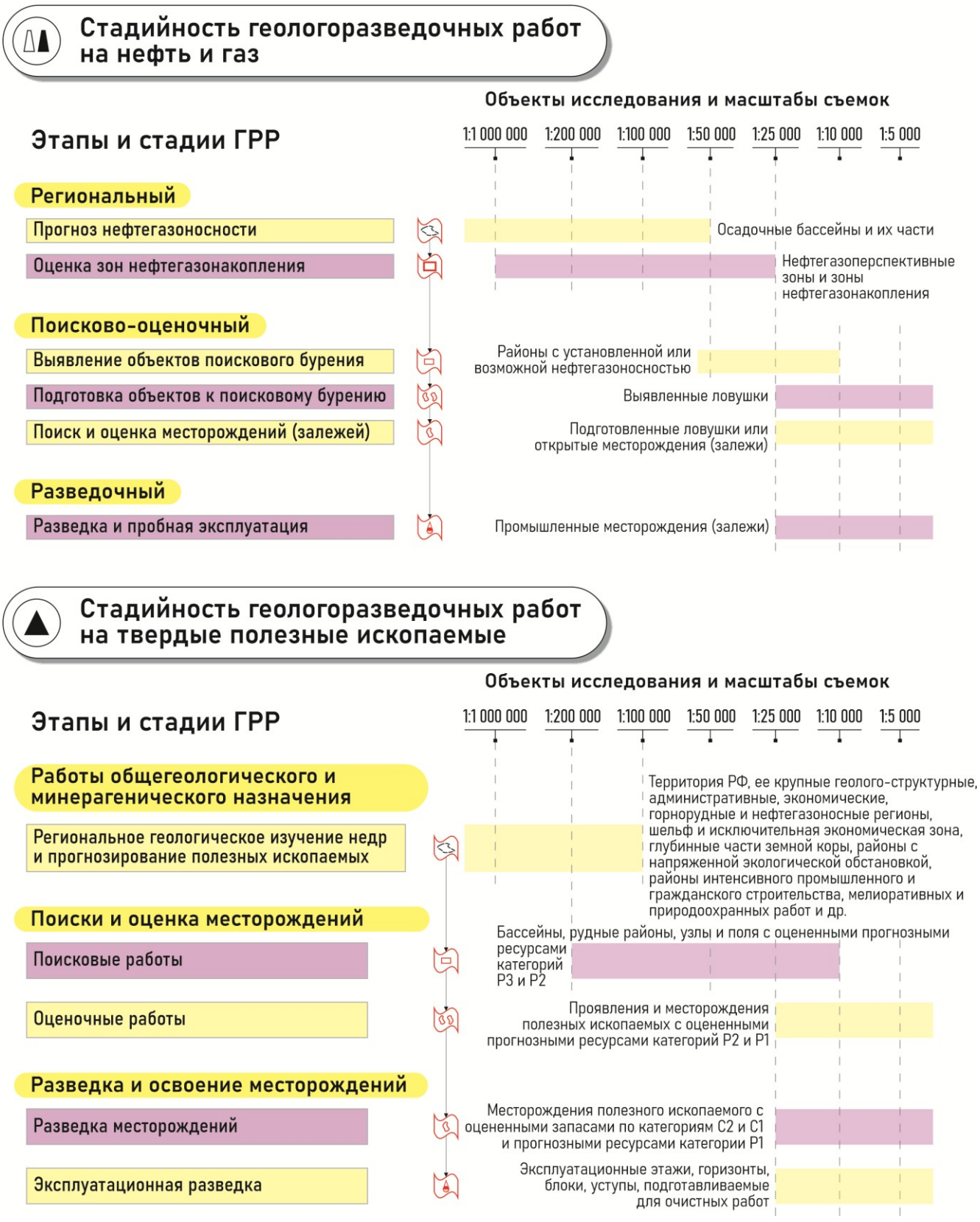


Рисунок Б.1 – Стадийность геологоразведочных работ и масштабов съемок (составлено по нормативным правовым актам [163; 165])

Таблица Б.1 – Технологическая структура геолого-геофизических исследований

Этапы	Задачи	Особенности
Анализ геолого-геофизической изученности	Сбор, анализ и оценка сведений о геолого-геофизической и буровой изученности территории работ	Результаты анализа предшествующих исследований используются в той или иной форме на протяжении всех технологических этапов ГГИ и являются обязательным элементом геологических отчетов
Проектирование сети наблюдений	Планирование, обоснование и определение методики и технологии организации геофизических и сопутствующих работ (в том числе топографо-геодезических)	Методическая организация полевого сбора данных о геологическом строении недр и геофизических полях. Организация природоохранных мероприятий для минимизации негативного воздействия на окружающую среду в процессе полевых работ
Полевые работы	Комплекс производственно-технологических мероприятий по сбору первичной геолого-геофизической информации, регистрации параметров геофизических полей посредством различных методов разведки в полевых условиях	Применение продукции наукоемкого приборостроения (абсолютных и относительных гравиметров, магнитометров, сейсморазведочных вибрационных установок и др.). Результат – данные параметров геофизических полей
Обработка результатов наблюдений	Приведение полевых данных в пригодный вид для эффективного анализа и установления закономерностей геологического строения недр, геометризации объектов, возмущающих потенциальные геофизические поля	Состав этапов обработки определяется в зависимости от регистрируемого геофизического поля по соответствующим инструкциям и требованиям геологического (технического) задания
Интерпретация результатов наблюдений	Выявление аномалий геофизических полей, моделирование формы, размеров и положения их источников, их геологическое истолкование на основе системного анализа результатов наблюдений и иных источников информации	Наиболее наукоемкий этап камеральной фазы ГГИ. Результаты: сформированные и дополненные существующие представления о геологическом строении исследуемой территории, цифровая геологическая модель, рекомендации по проведению последующих этапов ГРР и уточнению информации
Составление отчетных материалов	Подготовка текстовых и графических отчетных материалов по результатам полевых и камеральных работ	Содержание геологического отчета регламентировано соответствующим нормативным документом [45], состав графических приложений также формируется в зависимости от требований геологического (технического) задания на проведение ГРР
Накопление и хранение информации	Аккумулирование результатов ГГИ в виде системы геологических информационных ресурсов и их хранение в федеральных и территориальных геологических фондах [47]	Содержательно становясь частью геолого-геофизической изученности, результаты ГГИ в функциональном плане приобретают статус исходных данных для новых этапов и стадий ГРР

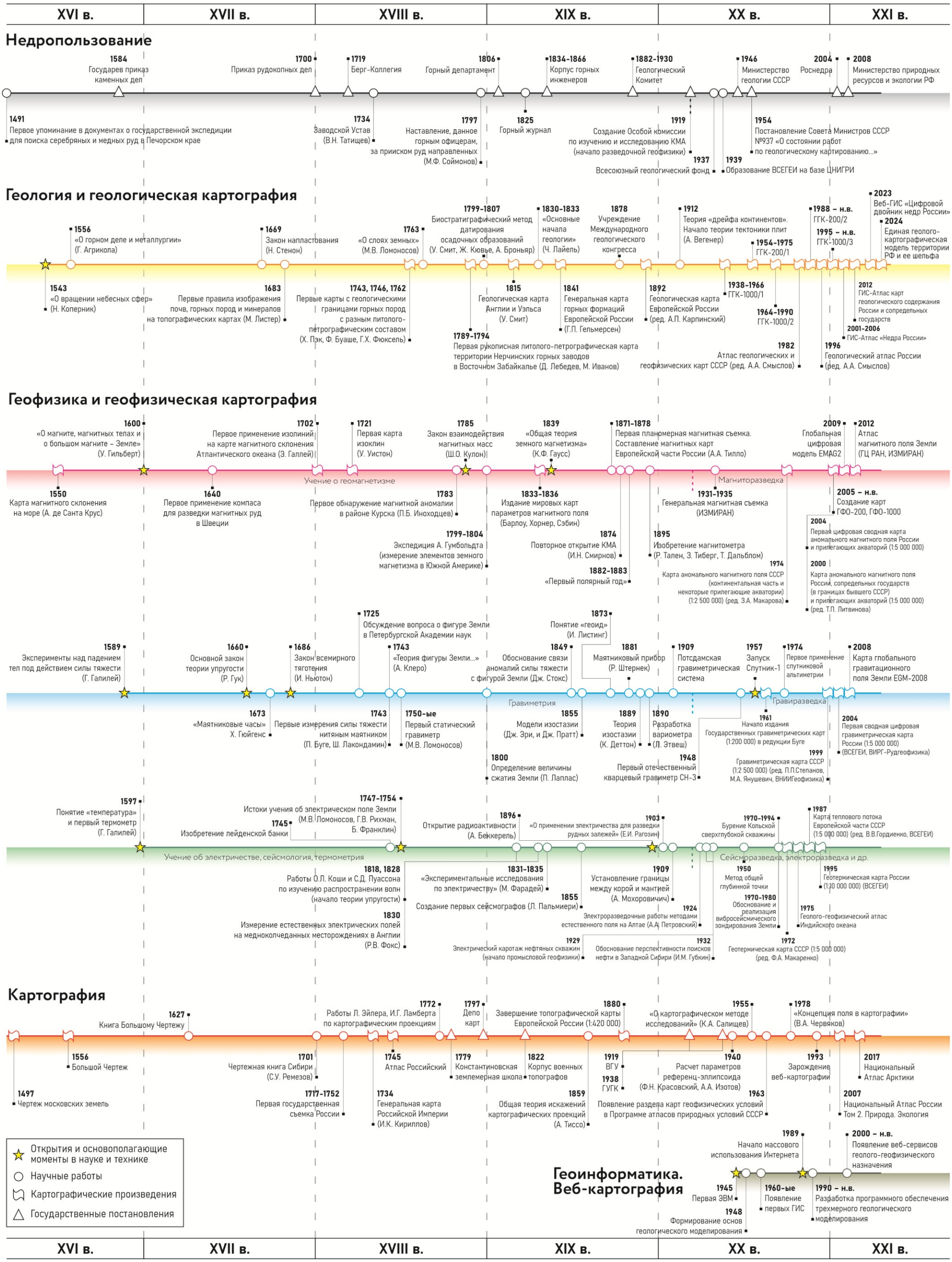


Рисунок Б.2 – Историческая основа формирования системы картографического обеспечения недропользования

ПРИЛОЖЕНИЕ В. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ВОСТРЕБОВАННОСТИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ НА ЭТАПАХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

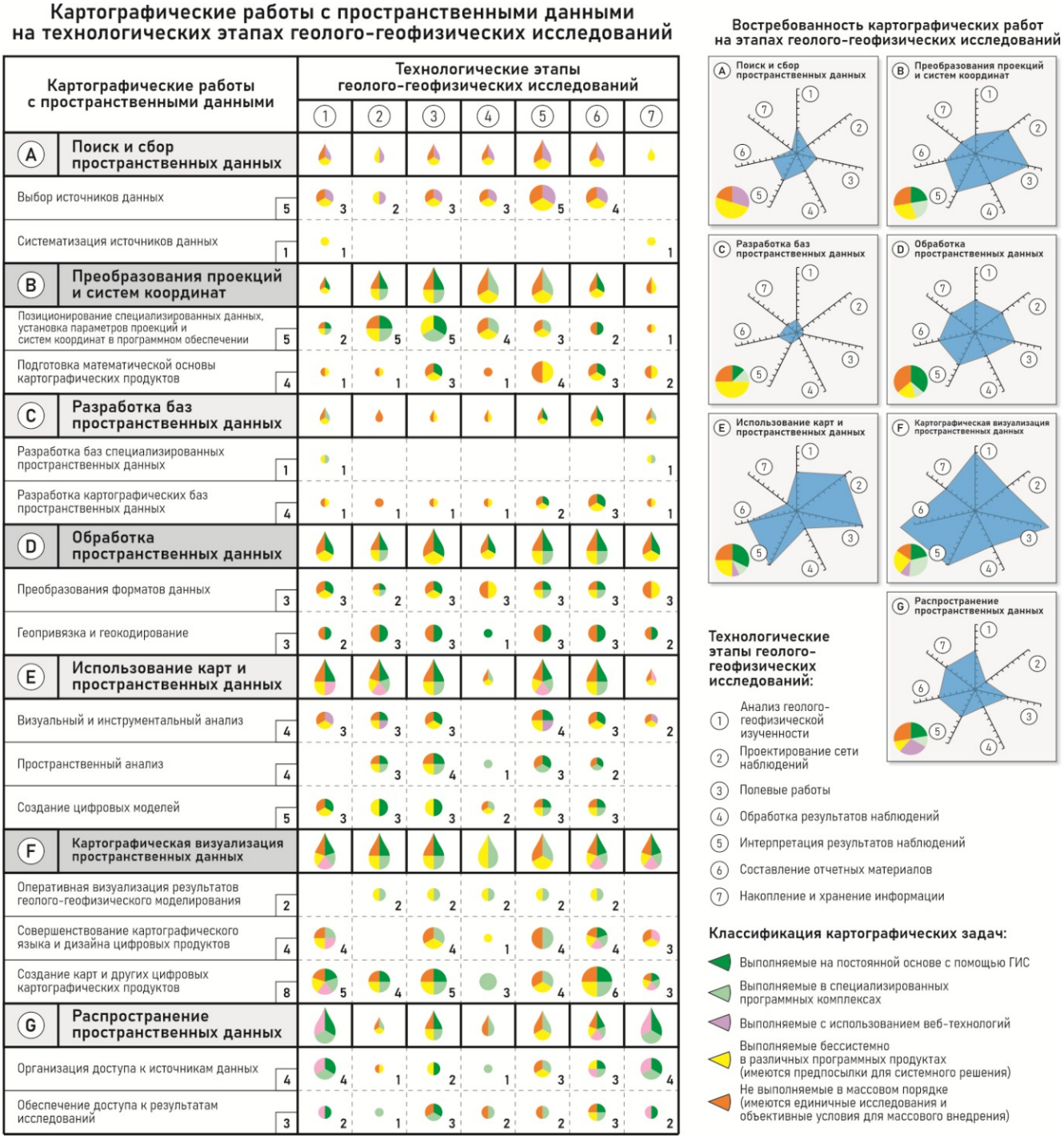
Для качественной оценки востребованности и текущего технического уровня выполнения картографических работ с пространственными данными используется разработанная ранее методика (подразд. 4.3.3). На основе технических процедур КО НТД (см. подразд. 4.1.1), дополненных этапами формирования геологических информационных ресурсов на уровнях сбора информации [47], определен следующий перечень картографических работ с пространственными данными [295], выполняемых на этапах ГГИ: 1) поиск и сбор пространственных данных; 2) преобразования проекций и систем координат; 3) разработка БПД; 4) обработка пространственных данных; 5) использование карт и пространственных данных; 6) картографическая визуализация пространственных данных; 7) распространение пространственных данных. Кроме того, учтены исследования, в которых вопросы сбора, моделирования, обработки, анализа, визуализации и распространения пространственных данных отнесены к картографическим работам [256; 323].

Проведена следующая классификация задач по привлекаемому программному обеспечению и наличию методических основ их системного решения на выполняемые:

1) на постоянной основе с помощью ГИС;
2) в СПК;
3) с использованием веб-технологий;
4) бессистемно в различных программных продуктах, но имеющие предпосылки для системного решения; и
5) не выполняемые в массовом порядке (есть единичные исследования и объективные условия для массового внедрения).

Классификация учитывает варианты, когда задачи выполняются с помощью различного программного обеспечения, поэтому составленная матрица картогра-

фических задач (рис. В.1) и серия диаграмм (рис. В.2) позволяют получить общее представление о составе, техническом и научно-методическом оснащении картографических работ на этапах ГГИ.



а) *б)*

Рисунок В.1 – Результаты оценки востребованности картографических работ на этапах ГГИ: *а)* матрица задач; *б)* общая востребованность видов картографических работ

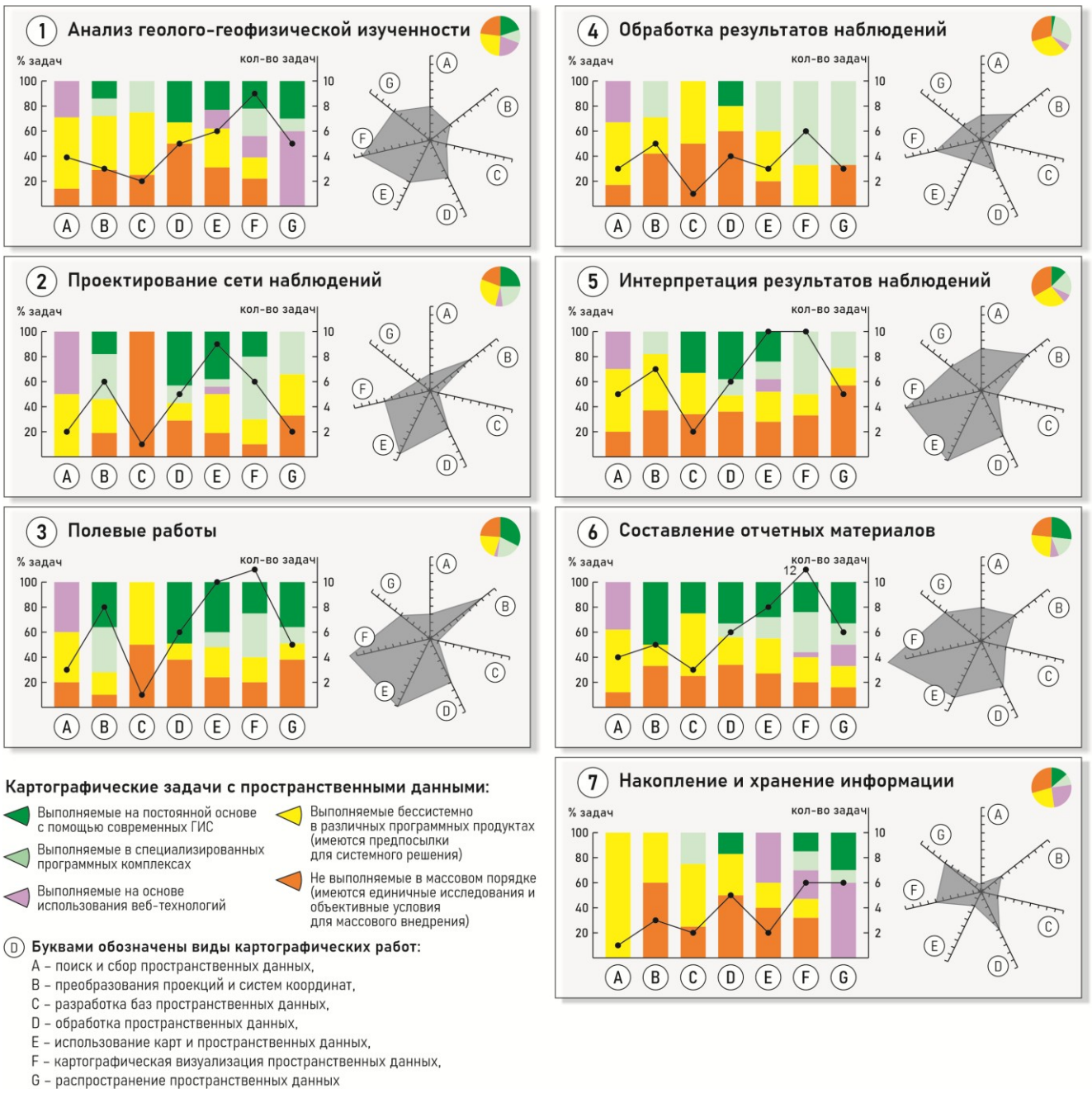


Рисунок В.2 – Характеристика этапов ГГИ по востребованности и технико-методическому обеспечению картографических работ

Интерпретация полученных диаграмм позволяет установить высокий уровень востребованности картографических работ на этапах ГГИ. Больше всего методы картографии используются на этапах интерпретации результатов наблюдений, составления отчетных материалов, полевых работ и анализа геолого-геофизической изученности (рис. В.2). Таким образом, картографические работы востребованы на всех этапах ГГИ и не ограничены полевой фазой ГГИ и подготовкой отчетных картографических материалов.

По результатам выявлены основные перспективные направления совершенствования картографических работ с пространственными данными (табл. В.1.)

Таблица В.1 – Перечень некоторых перспективных направлений модернизации картографических работ в ГГИ

Картографические работы	Направления модернизации картографических работ
Поиск и сбор пространственных данных	– Анализ качества изданных материалов (наличие и читаемость элементов общегеографического и тематического содержания); – Исследование предпочтений отраслевых специалистов относительно состава источников пространственных данных; – Каталогизация источников пространственных данных; – Определение состава данных для публикации
Преобразования проекций и систем координат	– Выбор параметров математической основы веб-картографического изображения; – Определение параметров математической основы изданных картографических материалов и пространственных данных; – Оптимизация установки параметров систем координат и проекций, параметров преобразований в навигационных устройствах и геофизических приборах, СПК геологического моделирования; – Организация единого координатного пространства работ
Разработка БПД	– Разработка картографических баз данных для отчетных графических материалов; – Системная разработка структуры БПД для интеграции данных полевой и камеральной фаз ГГИ
Обработка пространственных данных	– Выбор оптимальных масштабных уровней при тайлинге растровых данных для публикации в картографических веб-сервисах; – Использование искусственного интеллекта для автоматизированного распознавания реперных точек при геопривязке растровых изображений
Использование карт и пространственных данных	– Автоматизация учета физико-географических особенностей территории работ при проектировании сети наблюдений, определении маршрутов полевых бригад, планировании ГРР; – Реализация инструментов визуального и пространственного анализа в картографических веб-сервисах; – Совершенствование инструментов ГИС для построения карт геолого-геофизических поверхностей
Картографическая визуализация пространственных данных	– Автоматизация составления и оформления отчетных документов геологических отчетов по пространственным данным в ГИС; – Подготовка ежедневных маршрутных карт, полевой отчетности, навигационных данных для обеспечения этапов полевой фазы ГГИ; – Разработка и адаптация принципов UX/UI-дизайна интуитивно понятного графического пользовательского интерфейса веб-сервисов геолого-геофизических данных
Распространение пространственных данных	– Организация доступа к специализированной архивной информации через картографические веб-сервисы; – Подготовка картографических веб-сервисов для организации оперативного доступа к информации о текущем выполнении полевых и камеральных фаз ГГИ и их результатам

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ИНФОРМАЦИОННЫЕ БЛОКИ БАЗЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Таблица Г.1 – Информационные блоки БПД для картографического обеспечения недропользования

Пространственные данные (способ получения / этап внесения информации)	Наименование набора данных	Формат данных	Минимальный состав атрибутивной информации
Геолого-геофизическая изученность территории работ			
Лицензирование недропользования: границы участков недр, горных отводов (* / 1)	Licenses	Векторный	Название участка, номер лицензии, вид, недропользователь, статус, дата регистрации и окончания
Карты тектонического, нефтегазогеологического районирования и другие карты геологического содержания (* / 1)	Tectonic Oil_gas_regions Geology	Векторный. Растровый	Название тектонической структуры, тип, характеристика
Минерально-сырьевая и ресурсная база: интегральные контуры месторождений полезных ископаемых, геологических структур (* / 1)	Deposits Structures	Векторный	Название, тип, степень освоения, возраст нефтегазоносных отложений, недропользователь
Геофизическая изученность: пикеты, линии съемочных профилей, региональные профили, границы съемок прошлых лет по геофизическим методам: грави-, магнито-, сейсмо-, электроразведка (* / 1)	Geophysical_study	Векторный	Вид и метод съемки, масштаб, год выполнения, номер партии, название отчета, номер хранения в фондовых организациях
Буровая изученность: координаты устьев скважин, инклинометрия, конструкция скважин, результаты испытаний, описание керна и т. д. (* / 1)	Wells	Векторный. Табличный. Текстовый	Название, тип скважины, альтитуда стола ротора, глубина забоя, отбивки по пластам
Топографическая изученность территории работ			
Каталог координат и высот опорных геодезических пунктов (* / 2)	Geodesy	Табличный. Векторный	Название пункта, класс сети
Топографическая основа (* / 1)	Topo	Векторный. Растровый	Соответствует источнику данных
Электронный топографический абрис (** / 3)	Topo_abris	Векторный	Категория объекта, количественные и качественные характеристики, собственное наименование
Инфраструктура: трубопроводы, линии электропередач, нефтеперерабатывающие станции и прочие промышленные объекты (* / 1)	Infrastructure	Векторный. Растровый	Категория объекта, количественные и качественные характеристики

Пространственные данные (способ получения / этап внесения информации)	Наименование набора данных	Формат данных	Минимальный состав атрибутивной информации
Разграфка номенклатурных листов карт масштаба 1 : 1 000 000, 1 : 200 000, 1 : 100 000 и др. (* / 1)	Topo_sheets	Векторный	Масштаб, номер листа
Объекты съемочной сети			
Контур работ: лицензионный участок, граница съемки (* / 2)	LU Work area	Векторный. Табличный	Категория объекта, наименование
Проектная сеть ПГН (** / 2)	Project	Векторный. Табличный	Координаты, номер профиля, номер пикета
Фактическая сеть ПГН (** / 3)	Points_survey	Векторный. Табличный	Координаты, номер профиля, номер пикета, тип пикета, вид съемки, наблюденные значения параметров геофизического поля
Профили наблюдений (** / 3, 4)	Profiles	Векторный	Номер профиля, вид съемки
Результаты обработки и интерпретации данных			
Геофизические карты (карты изохрон, аномалий полей, изолинии, другие объекты моделирования) (** / 4, 5)	Maps_result	Векторный. Матричный	Изолинии: наименование и значение показателя, название карты. Другие объекты моделирования: название параметра, количественные и качественные характеристики
Контуры перспективных объектов, границы рекомендуемых работ (** / 4, 5)	Prospect_Area	Векторный	Название объекта, источник данных, название пласта, категория запасов
Местоположение проектных скважин (** / 4, 5)	Wells_recomended	Векторный. Табличный	Название, тип скважины, проектируемые альтитуда стола ротора, глубина забоя, отбивки по пластам

1 *Способы получения:* * получение из внешних источников (открытые данные, техническое/геологическое задание и др.); ** создание в процессе работ.

2 *Этапы работ:* 1 – анализ геолого-геофизической изученности; 2 – проектирование сети наблюдений; 3 – полевые работы; 4 – обработка и интерпретация результатов наблюдений; 5 – составление отчетных материалов

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. СВЕДЕНИЯ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Таблица Д.1 – Перечень некоторых хозяйственно-договорных работ для апробации результатов исследования

Годы	Название работ	Заказчик
Региональный этап ГРР		
2014–2016	Подготовить комплект средне-мелкомасштабных прогнозно-минерагенических карт на твердые полезные ископаемые (медь, молибден) для Байкало-Амурской группы металлогенических провинций*	Департамент по недропользованию по Центральному Федеральному Округу
2015	Оценка перспектив нефтегазоносности участков в Омской и Тюменской областях*	ЗАО «Евротэк-Югра»
2016	Переобработка и комплексный анализ материалов гравиразведки и аэромагнитной съемки в пределах Нялинского кластера с целью оценки перспектив нефтегазоносности и планирования ГРР*	ООО «Газпромнефть-Ангара»
2017–2018	Интерпретация данных грави-, магнито- сейсморазведки в интервале баженовской свиты и доюрского основания в районе Фроловской мегавпадины*	ЗАО «МиМГО»
2017–2019	Hiring of Services for Processing & Interpretation of 2D Seismic Data in un-appraised on land areas of Sedimentary Basins of India (Оказание услуг по обработке и интерпретации 2D сейсморазведочных данных для неизученных участков суши седиментационных бассейнов Индии)*,**	Oil & Natural Gs Corporation Ltd.
2018–2020	Анализ перспектив ГРР на средне- и нижнеюрские, доюрские нефтегазоносные комплексы в Широтном Приобье*	ООО «СибГеоПроект»
2019–2020	Геологическое изучение перспектив нефтегазоносности Прииртышской зоны Западной Сибири*	ООО «ГПН-ГЕО»
2020–2021	Комплексные региональные геолого-геофизические (сейсморазведочные) работы с целью оценки нефтегазоносности отложений рифея, венда и кембрия в зоне сочленения Байкитской антеклизы и Курейской синеклизы*	ФГБУ «ВНИГНИ»
2020–2021	Формирование единого информационного пространства, обобщение геолого-геофизической информации, сопровождение Системы мониторинга недропользования для ООО «Газпром добыча Оренбург»*	ООО «Газпром добыча Оренбург»
2021–2022	Hiring of services for carrying out Western India Volcanic Margin Petroleum Prospectivity (WI-VMAPP) study (Оказание услуг по исследованию перспективности нефтегазоносности вулканической окраины Западной Индии)**	Oil and Natural Gas Corporation Ltd.
2021–2023	Hiring of services for 2D Broadband Seismic Data Acquisition, Processing and Interpretation (API) of 22,500 LKM in Andaman Deep Waters with provision for +/- 10% quantity tolerance (оказание услуг по сбору, обработке и интерпретации широкополосных сейсмических данных в формате 2D на участке протяженностью 22 500 км в глубоководной части Андаманских островов с допуском по объему работ +/– 10%)**	Oil India Ltd.

Таблица Д.1 (продолжение)

Годы	Название работ	Заказчик работ
2024–2025	Hiring of services for 2D Broadband Seismic Data Processing and Interpretation Group-B in Eastern Offshore and Andaman Offshore India up to Exclusive Economic Zone (EEZ) (оказание услуг по обработке и интерпретации 2D широкополосных сейсмических данных группы B в Восточном и Андаманском шельфовых районах Индии вплоть до исключительной экономической зоны)**	Oil India Ltd.
2025	Hiring of services for 2D Broadband (Streamer Mode) Seismic Data Acquisition, processing and Interpretation of 14,500 LKM in Deep Waters of Extended Continental Shelf in Eastern Offshore of India (оказание услуг по сбору, обработке и интерпретации сейсмических данных в режиме широкополосной 2D-сейсмики (стример) на участке протяженностью 14 500 км в глубоководных районах расширенного континентального шельфа в восточной части шельфа Индии)**	Oil India Ltd.
Поисково-оценочный этап ГРР		
2014	Выполнение работ по интерпретации материалов сейсморазведки 2D на блоке 37 шельфа Республики Куба*	ОАО «Зарубежнефть»
2014–2015	Полевые и камеральные сейсморазведочные работы МОГТ 3D на Благовещенской площади для нужд ООО «Газпром Геологоразведка»*	ООО «Газпром Геологоразведка»
2014–2015	Полевые сейсморазведочные работы 3D и первичная обработка данных на блоке CPO-5 – фаза II*	ONGC Videsh Limited – Sucursal Colombiana
2015	Выполнение анализа тектонической истории и прогноз вероятности открытия путем многомерной интерпретации геолого-геофизических данных по геологоразведочному проекту «Блок 10» (Ирак) и прилегающим территориям*	Лукойл Оверсиз Ирак Эксплорейшн Б. В.
2015–2016	Полевые и камеральные сейсморазведочные работы МОГТ 3D на Архангельской площади*	ООО «Газпром Геологоразведка»
2015–2016	Обработка сейсмических данных МОГТ 2D по технологии ПРО на Рассохинском лицензионном участке*	ОАО «Сургутнефтегаз»
2016–2017	Полевые и камеральные сейсморазведочные работы МОГТ 3D на Благовещенской площади» для нужд ООО «Газпром геологоразведка»*	ООО «Газпром Геологоразведка»
2016–2017	Переобработка и комплексная интерпретация сейсмической информации МОГТ 2D в пределах Монулахского лицензионного участка*	ООО «СюльдюкарНефтеГаз»
2017	Дополнение к проекту геологоразведочных работ с целью поиска ловушек для строительства подземного хранилища газа на Благовещенском участке (Амурская область)*	ООО «Газпром Геологоразведка»
2017	Камеральные работы в объеме 63 кв. км: обработка и комплексная интерпретация результатов сейсморазведочных работ 3D на Южно-Кисловском лицензионном участке Волгоградской области*	ООО «БЫКОВОГАЗ»
2017–2018	Проведение полевых сейсморазведочных работ МОГТ 2D на Емангальском 1 (150 пог. км), Емангальском 2 (300 пог. км), Емангальском 3 (200 пог. км) лицензионных участках ООО «НК Югранефтепром»*	ООО «НК Югранефтепром»
2018	Обработка и интерпретация результатов сейсморазведочных работ МОГТ 2D/3D, выполненных на Зимнем лицензионном участке*	ООО «Зимнее»
2018–2019	Переобработка и переинтерпретация сейсмических данных МОГТ 2D, 3D, полученных в пределах Фестивального месторождения (лицензионный участок № 69)*	ООО «Норд Империал»

Таблица Д.1 (окончание)

Годы	Название работ	Заказчик работ
2018–2019	Камеральные сейсморазведочные работы МОГТ 3D на Утянском лицензионном участке*	ООО «Газпром геологоразведка»
2018–2019	Полевые сейсморазведочные работы МОГТ 2D на участке недр Ирекский*	ООО «Газпром геологоразведка»
2018–2020	Полевые сейсморазведочные работы МОГТ 3D на Абаканском лицензионном участке*	ООО «Газпром геологоразведка»
2018–2020	Проведение полевых сейсморазведочных работ МОГТ 3D на Верхневасюганской площади (лицензионный участок № 86, Южно-Урманский) Томской области*	ООО «Альянснефтегаз»
2019–2020	Проведение полевых работ по регистрации потенциальных полей в пределах Савицкого лицензионного участка*	ООО «Технологический центр «Бажен»
2025–2026	Seismic data processing, interpretation and inversion of 4C-3D OBN seismic data of Mumbai High North area and Cluster-II & Cluster-III areas, KG-DWN-98/2 of Eastern Offshore (обработка, интерпретация и инверсия сейсмических данных 4C-3D OBN района Mumbai High North и районов Cluster-II и Cluster-III, KG-DWN-98/2 Eastern Offshore)**	Oil and Natural Gas Corporation Ltd.
Разведочный этап ГРР		
2016	Обработка и интерпретация результатов гравиметрических наблюдений на Заполярном НГКМ ООО «Газпром добыча Ямбург»*	ООО «Газпром добыча Ямбург»
2016–2017	Формирование сети наблюдений и фоновый замер гравитационного поля для выполнения наземного гравиметрического мониторинга Западно-Тамбейского НГКМ, Северо-Тамбейского, Тасийского и Малыгинского ГКМ при разработке месторождения*	ООО «ТНГ-Казаньгеофизика»
2023–2025	Проведение высокоточной съемки 4 относительными гравиметрами, а также камеральной обработки и интерпретации для высокоточных гравиметрических наблюдений на Бованенковском НГКМ***	АО «МАГЭ»
2025–2026	Обработка и интерпретация результатов высокоточных гравиметрических наблюдений на Заполярном НГКМ***	ООО «Газпром добыча Ямбург»
Картографическое обеспечение работ выполнено автором для подрядных организаций: * АО «Пангея» ** Panseis Geo Services Pvt. Ltd. *** ООО «Целевой горизонт»		