

На правах рукописи



Чибряков Ярослав Юрьевич

**РАЗВИТИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ РОССИИ**

Специальность 25.00.33 – Картография

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва – 2015

Работа выполнена на кафедре картографии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК).

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Верещака Тамара Васильевна

Официальные оппоненты:

Тархов Сергей Анатольевич,
доктор географических наук,
Институт географии РАН, ведущий
научный сотрудник

Дышлюк Светлана Сергеевна,
кандидат технических наук, доцент,
Сибирский государственный
университет геосистем и технологий
(СГУГиТ), заведующая кафедрой
картографии и геоинформатики

Ведущая организация:

Московский государственный
университет путей сообщения (МИИТ)

Защита состоится « _____ » _____ 2015 г. в _____ часов

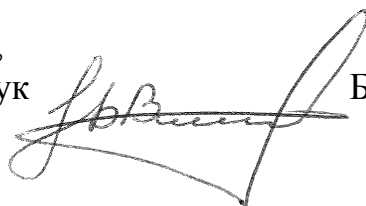
на заседании диссертационного совета Д 212.143.04

при Московском государственном университете геодезии и картографии
(МИИГАиК) по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер., д. 4, МИИГАиК,
зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского
государственного университета геодезии и картографии и на сайте МИИГАиК
(http://www.miiгаik.ru/nauka/dissertacionyy_совет/dissertatsii/).

Автореферат разослан « _____ » _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



Беленко Виктор Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В теоретических основах современной картографии важнейшее место принадлежит картографическому методу исследования. Его внедрение в науки о природе и обществе активно развивается, охватывая всё новые области применения карт.

Использование картографического метода в исследованиях транспортных сетей акцентировано в настоящее время на поиске качественных закономерностей их строения и развития; количественный анализ сводится к изучению плотности дорог и транспортной доступности территорий. Возникшее в середине XX века направление исследований пространственной структуры транспортных сетей, связанное с практическими потребностями экономики, оставалось без внимания со стороны картографической науки, так же, как и прервано было из-за системного кризиса в 1990-е годы долгосрочное планирование в области транспорта.

И только в начале 2000-х годов стали разрабатываться программные документы комплексного характера, направленные на развитие железных дорог нашей страны. Среди них в первую очередь следует отметить «Стратегию развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года», утвержденную распоряжением Правительства России от 17.06.2008 № 877-р. Появление такого документа сделало настоятельной потребностью изучение отечественной железнодорожной сети со 175-летним стажем своего существования. Картографические произведения, представляющие результаты в пространственно определённом и завершённом виде, здесь займут ведущее место. Разработке карт актуальной тематики и посвящено диссертационное исследование.

Степень разработанности темы изучена по опубликованным работам в области картографии, географии и железнодорожного транспорта. Диссертация опирается на труды К.А. Салищева, А.М. Берлянта, А.Ф. Асланикашвили, посвящённые теории *картографического метода исследования*, работы Н.Н. Баранского, А.И. Преображенского, О.А. Евтеева в области *социально-*

экономического картографирования, исследования Т.В. Верещаки и Л.В. Логиновой, посвящённые *общегеографическому картографированию*, работы А. Робинсона, В.А. Червякова, З.В. Самойленко в области *изолинейного картографического моделирования*. Важную роль при написании диссертации имели труды по *географии транспорта* С.В. Бернштейна-Когана, И.В. Никольского, Л.И. Василевского, теоретические работы К. Канского, П. Хаггета, С.А. Тархова, посвящённые анализу *структуры и динамики транспортных сетей*, а также *экономико-географические исследования* Н.Н. Колосовского и Г.А. Гольца. Большое значение при написании диссертации сыграли работы учёных-железнодорожников В.Н. Образцова, В.А. Персианова, В.С. Шварцфельда.

Цель диссертации – разработка методики составления и использования карт для изучения пространственной структуры, динамики и перспективного развития железнодорожной сети России.

Исходя из поставленной цели, необходимо было решить следующие **основные задачи**:

- обобщить существующий отечественный и зарубежный опыт использования карт в исследованиях транспортных сетей;
- разработать классификацию карт железнодорожного транспорта;
- разработать принципы информационного обеспечения при анализе структуры и динамики железных дорог;
- предложить картографическую модель железнодорожной сети для расчёта показателей, характеризующих её пространственную структуру;
- обосновать содержание и методику составления карт пространственной структуры транспортных сетей;
- проанализировать изменения в размещении железных дорог на территории России с отображением на картах ключевых моментов развития железнодорожной сети.

Объектом исследования является железнодорожная сеть России, а **предметом исследования** – картографический метод изучения её статических и динамических пространственных характеристик.

Методы исследования. В диссертационной работе использован картографический метод исследования в сочетании со статистическим, историческим, математическим (теория графов) методами, а также эволюционно-морфологическим подходом к изучению транспортных сетей, методом экономического районирования и экспертными оценками.

Научная новизна работы заключается в следующем.

Впервые железнодорожная сеть общего и необщего пользования концептуально представлена в социально-экономическом картографировании и экономической географии как единая система; сформулировано понятие «эффективной железнодорожной сети».

В соответствии с этим подходом также впервые разработаны:

- научные принципы картографического моделирования пространственной структуры железнодорожной сети;
- классификация карт транспорта, отражающая современный уровень знаний об объекте исследования и включающая новые типы карт;
- методика создания изолинейных карт топологической сложности; составлены авторские оригиналы карт, отображающих показатели связности железнодорожной сети России (всего восемь карт).

Впервые с научной точки зрения рассмотрен феномен «деструкции железнодорожной сети» в Российской Федерации и проанализированы причины изменений, произошедших в сети дорог после 1990 г.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в развитии теоретико-методологических основ применения карт для исследований железных дорог.

Практическая значимость. Разработки диссертационного исследования внедрены автором в Гипротранстэи ОАО «РЖД» (ныне ОАО «ИЭРТ») при создании электронной карты «Российские железные дороги» – основы для составления тематических карт как на Россию в целом, так и на её отдельные регионы.

Автор непосредственно участвовал в подготовке картографических материалов к «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года». Кроме того, автором разработаны редакционные документы к серии региональных карт «Транспортные карты субъектов Российской Федерации» (2005 г.) и лично составлены 12 карт этой серии. Также автор принимал активное участие в информационно-картографическом обеспечении «Генеральной схемы развития Московского железнодорожного узла», утвержденной постановлением Правительства Москвы от 18.11.2008 № 1070-ПП, и её актуализации в 2012–2013 гг.

Положения и рекомендации диссертации могут быть использованы в экономико- и политико-географических исследованиях для получения объективной картины размещения железнодорожной сети в России.

На защиту выносятся:

- классификация карт железнодорожного транспорта;
- научные принципы и технология моделирования железнодорожной сети, включающие создание экономико-географической, топологической моделей, а также модели эволюционного развития;
- методика составления карт топологической сложности с учётом структуры сети железных дорог;
- авторские оригиналы карт, отображающих показатели связности железнодорожной сети, составленных на ключевые моменты её развития;

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационного исследования были доложены и обсуждены:

- на 66-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных МИИГАиК (Москва, 5–6 апреля 2011 г.);
- на Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной экономической, социальной и политической географии» (Москва, 20–22 октября 2011 г.);
- на 67-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных МИИГАиК (Москва, 3–4 апреля 2012 г.);

- на Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Картоведение: история и современность, теория и практика» (Москва, 17–18 декабря 2012 г.);

- на 68-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных МИИГАиК (Москва, 9–10 апреля 2013 г.).

По теме диссертации опубликовано 15 научных статей, из них – 8 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, в прочих журналах – 3 статьи, в сборниках – 4 статьи.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка и двух приложений. Основная часть диссертации (179 страниц) содержит 145 страниц текста, 19 таблиц и 38 рисунков. Библиографический список содержит 137 наименований, из них 14 иностранных публикаций. В приложения (20 страниц) вынесен вспомогательный табличный материал.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель, задачи исследования, указаны методы исследования, научная новизна, теоретическое и практическое значение работы.

Первая глава посвящена обобщению имеющегося опыта использования карт в исследованиях транспортных сетей. Рассмотрены различные толкования ряда терминов и выбраны те из них, которые соответствуют предмету настоящего исследования и решаемым задачам.

Основной частью первой главы является анализ ключевых работ по размещению транспортных сетей. Он выявил достаточно большое количество разнообразных научных методик, в той или иной степени использующих картографический метод исследования. Его развитие можно разбить на три периода (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Периодизация развития картографического метода в исследованиях транспортных сетей

Период	Годы	Особенности развития
I	1841 – 1900	Единичные случаи применения картографического метода, слабо связанные с теорией картографии, находящейся в ту пору в стадии становления (И. Коль, Ф.Г. Ган, Л. Лаланн). Изучение транспортных сетей, к тому же, не получило большого распространения из-за отсутствия методологической базы; география транспорта не оформлена в качестве самостоятельной географической дисциплины.
II	1900 – 1960	Начало широкого применения карт в исследованиях транспортных сетей, опирающееся на фундаментальные теоретические труды в области картографии (М. Эккерт, А.И. Преображенский, Н.Н. Баранский и др.). В изучении транспортных сетей преобладает методология классической (классификационной) географии.
III	1960 – по настоящее время	Использование карт в транспортных исследованиях основано на работах, посвящённых картографическому методу исследования (К.А. Салищев, А.М. Берлянт, А. Робинсон и др.), оформившемся как самостоятельный раздел картографии. Т.н. «математическая революция» в географии на рубеже 1950–1960-х гг. и активное внедрение ЭВМ привели к увеличению роли математических приёмов в картографическом методе, окончательно в нём утвердившихся после возникновения геоинформационных систем.

Выявлено существование двух основных подходов к исследованию транспортных сетей – 1) изучение *обеспеченности территории транспортной сетью* и 2) анализ *структуры сети*. В первом случае исследуется общая картина размещения сети, во втором – конфигурации образующих сеть линий, их взаимосвязи и зависимость от внешних сил, воздействующих на сеть.

Внутри первого подхода в зависимости от соотношения используемых научных методов автором выделены направления: а) *статистическое* (основанное на вычислении показателей густоты сети по административно-территориальным единицам с использованием статистических данных); б) *геометрическое* (интерпретация обеспеченности территорий транспортной сетью средствами элементарной геометрии); в) *картографическое* (полностью основанное на использовании картографического метода исследования).

Для второго подхода автором определено существование направлений: а) *аналогового* (основанного на сведении огромного количества конфигураций реальных сетей к ограниченному числу аналоговых геометрических моделей); б) *топологического* (основанного на моделировании структуры сети с

использованием теории графов); в) *эволюционно-морфологического* (основанного на анализе строения транспортных сетей с учётом эволюционного подхода, предполагающего их пространственное саморазвитие). В диссертации подробно рассмотрены все указанные направления и представлены примеры использования картографического метода исследования.

В исследованиях транспортных сетей следует различать использование исходных (первичных) и производных (результатирующих) карт. Основными неизученными вопросами здесь являются:

Для *исходных* карт:

а) отсутствуют исследования, посвящённые анализу и оценке качества картографических источников при изучении транспортных сетей. Исключением являются работы, посвящённые точности картометрических измерений;

б) недостаточное внимание уделяется вопросам перехода от карты к топологической модели транспортной сети, по которой и должны производиться расчёты показателей, описывающих пространственную структуру конкретной сети.

Для *производных* карт неисследованной является проблема отображения результатов изучения топологических характеристик транспортных сетей, что отрицательно сказывается на развитии исследований размещения транспорта. Это обусловило необходимость разработки классификации карт транспорта по масштабу, территориальному охвату и тематике. Наиболее сложной оказалась проблема *классификации транспортных карт по тематике*, в основу которой положены следующие принципы:

- соответствие отраслевому делению транспорта;
- соответствие основным предметам изучения в географии транспорта – транспортным сетям, пространственному размещению потоков грузов и пассажиров;
- сохранение сложившихся подходов к изучению транспортных сетей;
- соответствие сущности картографируемых объектов и явлений.

Классификация тематических карт железнодорожного транспорта приведена на рисунке 1.

Во **второй главе** выявлены источники, необходимые при изучении пространственного размещения железных дорог. В порядке систематизации источников автором модифицирована классификация, предложенная П. Хаггетом (Haggett, 1965) для социально-географических исследований, которая отражает специфику использования пространственно дифференцированных данных. При выделении более дробных групп источников учтён опыт картографического источниковедения.

Важнейшей группой источников являются камеральные материалы – данные, хранящиеся на бумажных и электронных носителях информации. Именно на них основано большинство исследований. По характеру они группируются на **геопространственные данные** (картографические материалы и данные дистанционного зондирования), имеющие непосредственно географическую структуру, и **таблично-текстовую информацию**, из которой можно получить представление об этой структуре.

Отсутствие обобщающих исследований по картам транспорта потребовало выполнить анализ содержания и периодичности выхода в свет *карт путей сообщения (железных дорог)*. Преимущественно использовались издания масштабов 1:1 500 000–1:3 500 000. В диссертации приведены результаты анализа:

- 88 картографических изданий, выпущенных в 1858–1918 гг. (из них 21 официальная карта Статистического отдела МПС России, 67 карт и атласов, составленных другими ведомствами и коммерческими предприятиями);
- 46 картографических изданий, выпущенных в 1919–1991 гг. (из них 38 официальных карт, картосхем и атласов НКПС/МПС СССР, 8 карт и атласов, составленных ГУГК СССР);
- 6 картографических изданий, выпущенных в 1992–2005 гг. (из них 4 карты и атласа, составленные Роскартографией), а также различных электронных карт, созданных в холдинге «Российские железные дороги».

Картографические произведения дореволюционной и советской эпох позволили составить общую картину развития железнодорожной сети. Современное состояние картографирования, включая переиздания карт путей сообщения, явно неудовлетворительно, особенно по регулярности отражения

изменений. Установлено, что на рассмотренных картах, за некоторыми исключениями, не отображается железнодорожная сеть необщего пользования, что делает необходимым привлечение других источников, к которым относятся и общегеографические карты.

Среди *общегеографических* карт приоритетное значение для исследования пространственной структуры железнодорожных сетей имеют обзорно-топографические карты. По степени полноты отображения железных дорог они почти не уступают крупномасштабным топографическим картам, а также превосходят тематические карты путей сообщения за счёт целостного показа всей сети, а не только линий общего пользования. Но сравнительно редкая периодичность выхода в свет, а также одновременность издания номенклатурных листов на различные территории делают неэффективным использование обзорно-топографических карт в качестве основного материала для анализа динамики пространственной структуры железнодорожной сети. Их применение ограничивается изучением участков необщего пользования и железнодорожных узлов.





Данные дистанционного зондирования целесообразно использовать в виде космоснимков высокого разрешения ($L_R = 1 \div 10$ м) для определения положения новых железнодорожных линий, отсутствующих на изданных картах. Снимки сверхвысокого разрешения ($L_R \leq 1$ м) на территории, прилегающие к крупным городам, возможно применять для определения эксплуатационной готовности железнодорожных участков.

Среди **таблично-текстовых данных** проведён анализ учётно-статистических, литературно-географических и нормативно-правовых источников, причём *нормативно-правовые* источники выделены и исследованы впервые. В категории *учётно-статистических* источников показана нецелесообразность применения материалов государственной статистики при изучении пространственных характеристик железнодорожных сетей. Зато очень информативны *литературно-географические* источники при исследованиях железных дорог общего и необщего пользования.

По итогам проведённых экспериментально-теоретических работ, связанных с изучением источников, составлены сводные рекомендации по их

применению. Очевидна необходимость совместного применения источников, в предлагаемом автором порядке и последовательности (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Сводная таблица комплексного использования источников и их характеристики (рекомендации автора)

Источники	Периоды развития железнодорожной сети, годы																					
	18	38	18	50	19				00	19		50	20		00							
Литературно-географические материалы																						
Карты путей сообщения																						
Обзорно-топографические карты																						
Учётно-статистические ведомственные материалы																						
Нормативно-правовые материалы																						
Космические снимки																						
Полевые наблюдения																						
	Условные обозначения																					
	 Имеются отдельные неоднородные материалы  Имеются однородные, регулярно выходящие материалы  Имеются неоднородные материалы на весь изучаемый период  Наличие материалов по железным дорогам необщего пользования																					

Третья глава посвящена разработке картографической модели железнодорожной сети, предназначенной для расчёта показателей, характеризующих её пространственную структуру. Определена необходимость разработки: 1) экономико-географической модели исследования; 2) модели структуры железнодорожной сети; 3) модели эволюционного развития сети железных дорог.

Социально-экономическое картографирование и экономико-географическое моделирование железнодорожной сети

Установлена необходимость учёта единства железнодорожной сети в социально-экономическом картографировании и экономико-географических исследованиях, заключающегося в совместном изучении железных дорог общего и необщего пользования. Однако в силу большого количества последних и значительной разницы в длине требуется их отбор. Целесообразно

ограничиться линиями, имеющими наибольшее экономическое и социальное значение для регионов России – *линиями регионального значения* в отличие от прочих веток, имеющих *местное значение*.

В качестве критерия отнесения ведомственных железных дорог к линиям регионального значения предложено их расположение, характеризующееся выходом за пределы примагистральных зон железных дорог общего пользования. На основании исследований Н.Н. Баранского, Н.Н. Колосовского, Г.А. Гольца ширина примагистральной зоны принята равной 20 км. Выделить указанные зоны возможно только составив изолинейную карту с построением изодистанты $L=10$ км. Далее граница примагистральной зоны корректируется с учётом физико-географических особенностей территории. Таким образом, автором было выделено 168 ведомственных ширококолейных железнодорожных линий регионального значения, существовавших и существующих на территории России в период 1991–2012 гг.

На рисунке 2 показан авторский оригинал карты, изображающей железнодорожную сеть юга Красноярского края.



Рисунок 2 – Фрагмент карты железнодорожной сети с указанием примагистральных зон

С экономико-географической точки зрения важнейшим качеством железнодорожной сети является её способность удовлетворять потребности обслуживаемой территории. Однако в существующей научной практике учитываются только участки, включённые в эксплуатационную длину полигона

железнодорожной сети общего пользования ($P_{пост}$). Остаются вне рассмотрения участки с временной эксплуатацией ($P_{вр}$), формально относимые к строящимся, но, тем не менее, играющие важную роль в обслуживании территорий, а также некорректно включаются непригодные для движения участки, формально считающиеся «законсервированными» ($P_{конс}$).

Полигон сети, непосредственно обслуживающей некоторую территорию (с учётом рассмотренных выше линий регионального значения $P_{рег}$), представлен следующим образом:

$$P = P_{пост} \cup P_{вр} \cup P_{рег} \setminus P_{конс}, \quad (1)$$

Указанный результирующий полигон железных дорог предложено назвать *эффективной железнодорожной сетью*, по аналогии с широко известным понятием «эффективной территории», то есть территории, пригодной для хозяйственного освоения. *Эффективная длина* (суммарная протяжённость линий $l_{эф}$, входящих в полигон эффективной железнодорожной сети), составит:

$$l_{эф} = l_{пост} + l_{вр} + l_{рег} - l_{конс}, \quad (2)$$

где $l_{пост}$ – эксплуатационная длина железнодорожных линий, $l_{вр}$ – протяжённость линий во временной эксплуатации, $l_{рег}$ – протяжённость линий регионального значения, $l_{конс}$ – протяжённость участков, непригодных для движения.

Предлагаемый подход рассмотрен на примере железнодорожных сетей Тульской области и Ямало-Ненецкого автономного округа. В основу моделирования структуры и развития железнодорожной сети России положена именно эффективная сеть.

Моделирование структуры железнодорожной сети

Традиционный алгоритм перехода от картографического изображения железнодорожной сети к её графу, предложенный К. Канским (Kansky, 1963), недостаточно репрезентативен при моделировании сложных сетей. Как альтернатива нами предложена многоуровневая иерархическая модель, при построении которой используются методы, свойственные картографической генерализации. Благодаря формализации пространственных свойств железнодорожных сетей возможно не только решение задач построения модели

сети, но и математическое обоснование отбора железнодорожных линий и узлов при их отображении и генерализации.

В процессе генерализации предложено разделять в конфигурации:
 а) собственно конфигурационный тип сети (*макроструктура* сети);
 б) конфигурационный тип железнодорожных узлов (*микроструктура* сети).

Макроструктура сети описывается при помощи топологических показателей. Нами использован индекс связности (β -индекс): $\beta = e/v$, где e – количество рёбер планарного графа, представляющего железнодорожную сеть, а v – количество вершин.

При генерализации необходимо добиваться сохранения соотношения индексов связности на разных частях изображения. Предложена формула расчёта соотношения этих индексов, не требующая промежуточных вычислений:

$$\frac{e_A v_B}{e_B v_A} \approx \frac{e_a v_b}{e_b v_a}, \quad (3)$$

где e_A , e_B , e_a , e_b – количество рёбер топологических моделей сети исходной и генерализованной карт для территорий A (a) и B (b), а v_A , v_B , v_a , v_b – соответствующее количество вершин.

Формализация *микроструктуры* сети осуществляется следующим образом. Использование картографического метода исследования показывает, что железнодорожные узлы сложной структуры включают компоненты, которые можно представить как узлы более простого строения (крестообразного и треугольного типов), в свою очередь, состоящие из простейших элементов – узлов с одной станцией. Установлено существование трёх возможных уровней сложности топологической структуры.

На разных ступенях картографической генерализации *отображаемый* уровень сложности топологической структуры (λ) либо соответствует *фактическому*, либо осуществляется переход к более низкому отображаемому уровню путём упрощения изображения железнодорожного узла на карте. Таким образом, можно говорить о генерализации топологической структуры. На рисунке 3 приведён пример генерализации изображения Брянского железнодорожного узла, имеющего по нашей классификации третий фактический уровень сложности (см. рисунок 3).

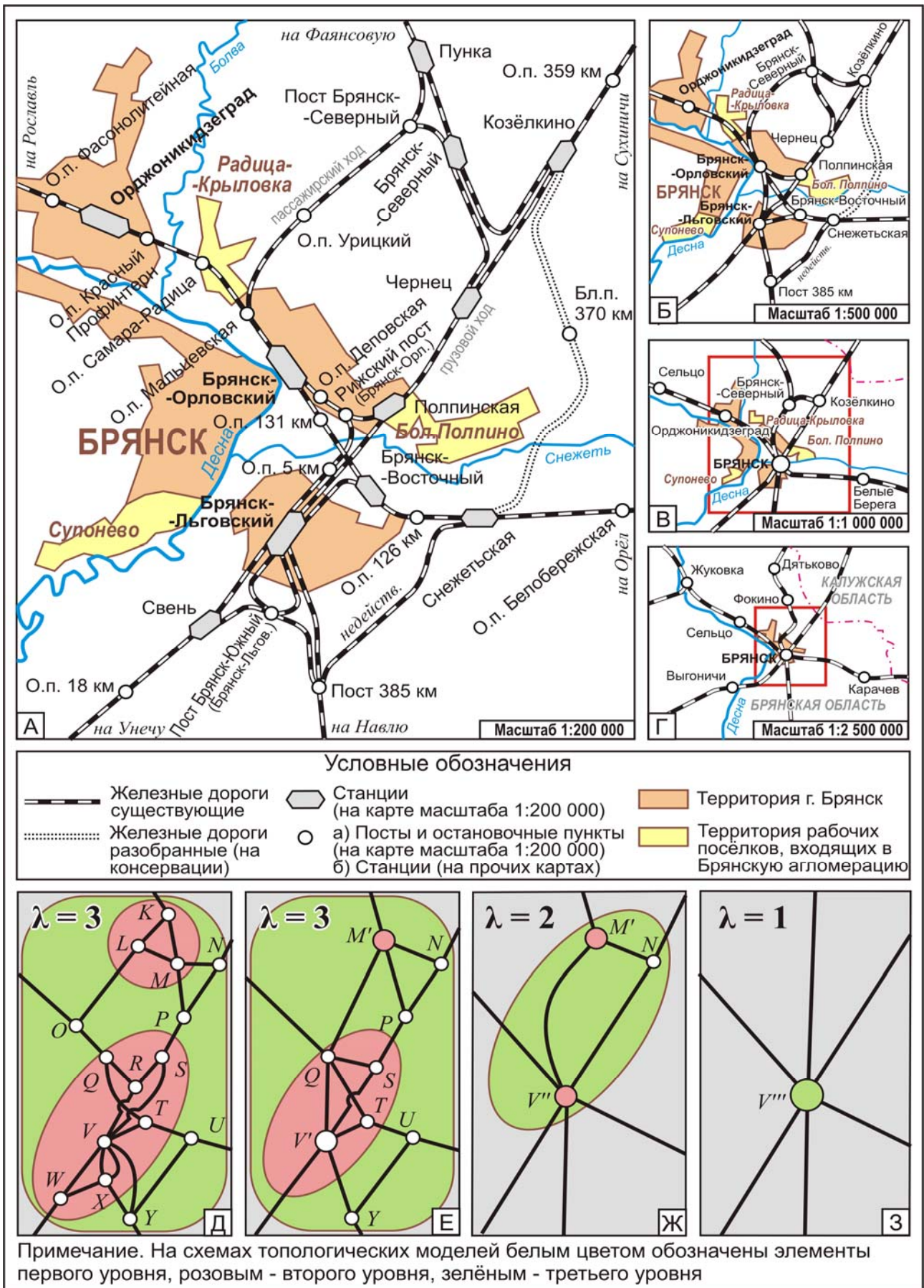


Рисунок 3 – Карты Брянского железнодорожного узла различных масштабов (А–Г) и соответствующие им топологические модели различных уровней сложности (Д–З). (Карты репродуцированы с уменьшением относительно указанных масштабов)

При картографической генерализации рисунка железнодорожных узлов необходимо добиваться сохранения максимально возможного уровня сложности на разных частях карты. Это можно представить формулой

$$\lambda_A - \lambda_a = \lambda_B - \lambda_b, \quad (4)$$

где λ_A и λ_B – отображаемые уровни сложности железнодорожных узлов A и B , соответствующие топологической модели, основанной на исходной карте; λ_a и λ_b – отображаемые уровни сложности соответствующих железнодорожных узлов a и b , основанные на топологической модели генерализованной карты.

Наиболее наглядно как конфигурационные особенности макроструктуры сети, так и важнейшая сторона микроструктуры сети – наличие циклических элементов (обходы железнодорожных узлов) видны на *втором отображаемом уровне сложности*, на основе которого и создана топологическая модель для расчётов показателей, характеризующих пространственное размещение железных дорог, и описания эволюции железнодорожной сети России.

Моделирование эволюционного развития железнодорожной сети

В основу моделирования положены принципы эволюционно-морфологического направления в изучении транспортных сетей, разработанные С.А. Тарховым (1989, 2005). Необходимость отображения индивидуальных особенностей отдельных крупных частей нашей страны обусловила предварительную дифференциацию территории России. Поскольку наше исследование охватывает значительный период времени (175 лет) потребовалось создание территориально обобщённой во временном аспекте сетки районирования.

Определение границ макрорайонов проводилось на основе картографического метода исследования одним из традиционных способов выделения многофакторных районов, предложенным О. Маулем (Maul). На электронную карту России накладывались границы экономических районов по таксономическим сеткам разных лет, а затем определялось преимущественное вхождение конкретной административно-территориальной единицы 1-го

порядка (в границах современного административного деления) в тот или иной район. Далее полученные «усреднённые» экономические районы объединялись в макрорайоны. Использовались также экспертные оценки отечественных учёных. Всего было выделено 11 макрорайонов историко-экономического пространства нашего государства – интегральных *историко-экономических макрорайонов*.

Далее, по электронной карте «Российские железные дороги», составленной автором с использованием программы MapInfo Professional, пошагово воспроизведен весь процесс развития сети. Каждое событие оценено по вкладу вновь открытого или закрытого участка в изменение конфигурации сети каждого из макрорайонов России, и выявлены моменты образования на территории конкретного макрорайона циклического остова железнодорожной сети. Данные моменты развития сети приняты в качестве границ стадий эволюции.

Четвёртая глава посвящена разработке содержания и оформления карт, назначением которых является представление результатов исследований пространственной структуры транспортных сетей.

Для решения этих вопросов потребовался тщательный анализ имеющихся способов картографического изображения, с целью выбора оптимального способа, позволяющего наглядно отобразить показатели, характеризующие структуру сети. Эти показатели представляют собой явления «условно сплошного» распространения (в отличие от самой сети, представляемой в виде линейно-узловой модели). Установлено, что только псевдоизолинейный способ позволяет правильно представить показатели топологической сложности железнодорожной сети с учётом таких факторов как протяжённый временной охват исследования, крайняя неравномерность распределения отображаемого явления на территории страны и его экстерриториальность.

На основании работ В.А. Червякова (1978, 2005), предложившего алгоритм картографо-морфометрического моделирования, автором впервые разработана методика создания изолинейных карт топологической сложности железнодорожной сети. До сих пор в картографо-морфометрическом моделировании основной проблемой был выбор размера оператора

преобразования дискретной информации в континуальную. Принимая во внимание особенности объекта исследования, при расчёте размера оператора преобразования предложено учитывать следующие показатели:

- площадь территории, освоенной железнодорожным транспортом ($s_{ocв}$), за которую, исходя из накопленного опыта, принята полоса, находящаяся в пределах 100 км от ближайшей железнодорожной линии;
- сумма длин рёбер топологической модели эффективной железнодорожной сети (l_{λ} ; использована топологическая модель, основанная на втором отображаемом уровне сложности ($\lambda=2$); см. стр. 18).

На основании этих показателей рассчитывается среднее расстояние (Δ) между соседними железнодорожными линиями; удвоенное значение Δ принято за радиус окружности, «вмещающей» идеальную элементарную сетевую структуру радиально-кольцевого, ортогонального или древовидного типа:

$$R = 2\Delta = \frac{2s_{ocв}}{l_{\lambda=2}} \quad (5)$$

Расчёт размера оператора преобразования выполнялся индивидуально для каждой из карт, соответствующей конкретному ключевому моменту развития сети железных дорог. После подсчёта внутри каждой окружности количества рёбер и вершин в топологической модели железнодорожной сети, основанной на созданной автором электронной карте, были рассчитаны значения β -индекса, характеризующего связность транспортных сетей. Полученные значения присвоены точкам регулярной сетки, в которых находятся центры окружностей.

Программой Vertical Mapper путём интерполяции значений таблиц точечных данных генерировались файлы поверхности (grid-файлы), на основе которых строились псевдоизолинии, отображающие распределение β -индекса на конкретный год. Для них автором предложен термин «*изобеты*». Всего было построено восемь изолинейных карт распределения β -индекса (по данным на 1870, 1881, 1901, 1916, 1934, 1965, 1989 и 2012 гг.), на примере которых по результатам визуального анализа кратко показаны особенности эволюции отечественной железнодорожной сети. Фрагмент карты за 2012 г. приведён на рисунке 4.

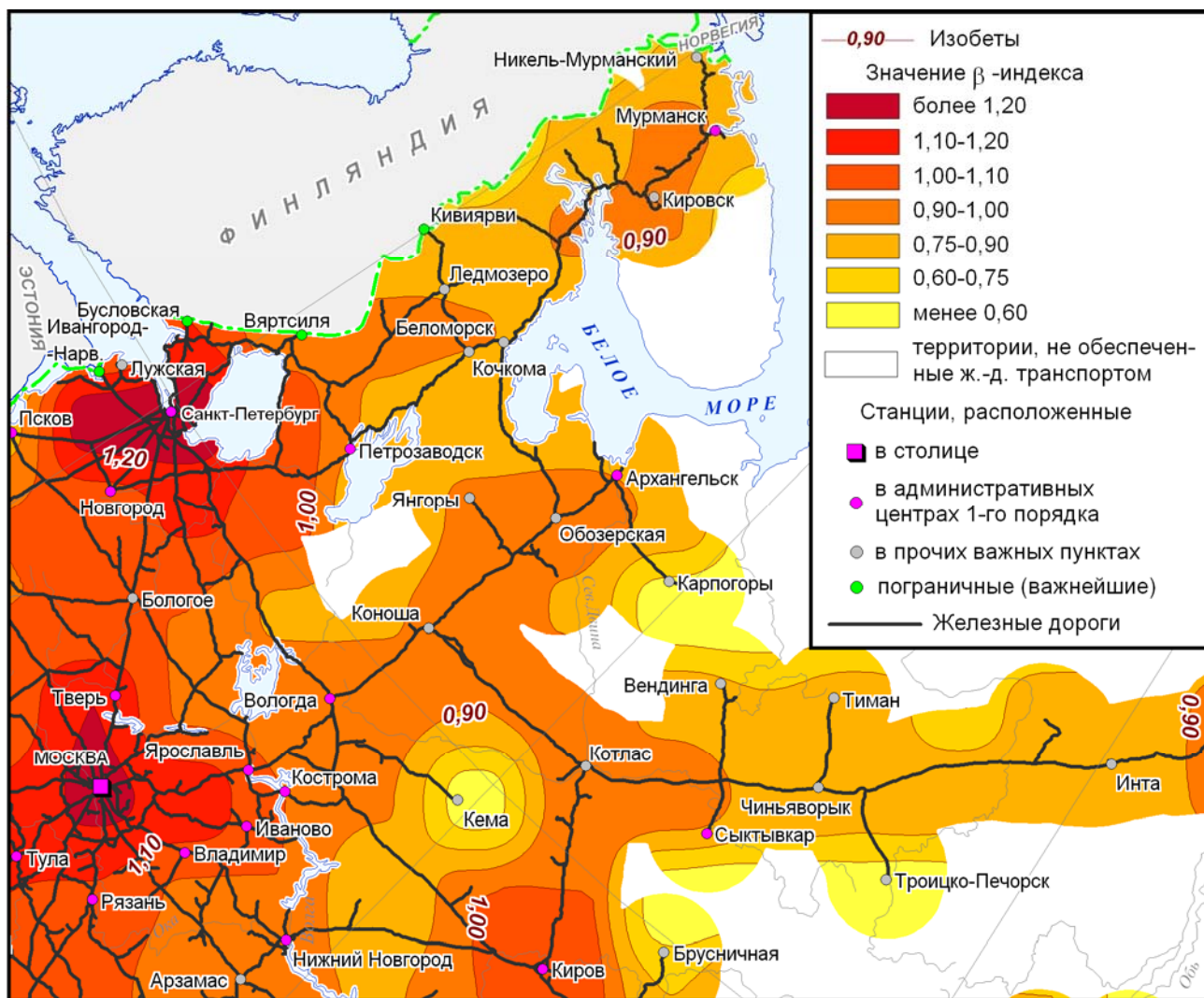


Рисунок 4 – Фрагмент карты распределения показателя связности железнодорожной сети (бета-индекса) на территории Российской Федерации в 2012 г.

Изучение пространственной структуры железнодорожной сети по составленным картам показало возможность и целесообразность использования картографического метода исследования как при анализе статике пространственной структуры (сравнительный анализ показателей связности для разных частей страны), так и её динамики (сравнение показателей связности некоторой территории на различные моменты времени). В результате выявлен и кратко описан пространственный аспект процесса деструкции железнодорожной сети, то есть сокращения её протяжённости и ухудшения показателя связности, происходящих в настоящее время в России. Карты топологической сложности предложено использовать и при планировании сети железных дорог.

Заключение. Основные выводы и результаты исследования состоят в следующем.

1. В работе впервые обобщён отечественный и зарубежный опыт использования карт в исследованиях транспортных сетей; выявлены приоритетные направления применения картографического метода в изучении транспортных сетей и его значение в системе других методов.

2. Разработана классификация карт транспорта, включающая новый тип карт – топологической сложности транспортной сети.

3. Предложены принципы информационного обеспечения при картографировании структуры и динамики железных дорог. Определено, что основными источниками информации здесь являются картографические материалы, однако для получения достоверных результатов необходимо привлечение других источников, прежде всего, учётно-статистических данных. Разработанная автором методика комплексного использования источников нашла применение в регулярном обновлении геоинформационной базы данных по участкам железнодорожной сети России.

4. Обоснована необходимость создания картографической модели железнодорожной сети, предназначенной для расчёта показателей, характеризующих пространственную структуру сети. Научные основы и технология моделирования, предложенные автором, включают создание экономико-географической, топологической моделей, а также модели эволюционного развития. На каждом этапе моделирования применены приёмы картографического метода исследования: а) для нахождения примамистральной зоны железнодорожных линий общего пользования; б) выделения территориальных уровней сложности топологической структуры сети в многоуровневой иерархической модели; в) нахождении границ интегральных историко-экономических макрорайонов. Разработанные автором принципы моделирования железнодорожной сети использованы при создании электронной картографической основы, включающей участки железных дорог как общего, так и необщего пользования.

5. Предложена методика создания изолинейных карт топологической сложности. Изолинейные карты позволяют не только наглядно отображать

распределение топоморфометрических показателей, но и исследовать их динамику (по рекомендуемым картам различных временных срезов). Кроме того, карты топологической сложности позволяют составлять производные карты, например, карты корреляционной зависимости между различными показателями плотности сети и топологической сложности, а также карты транспортного районирования. Такие карты имеют большое практическое значение для решения задач развития железнодорожной сети России и улучшения её топоморфометрических характеристик.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК:

1. Чибряков, Я.Ю. Основные изменения в географии размещения железных дорог общего пользования Российской Федерации / Я.Ю. Чибряков // Бюл. трансп. информ. – 2008. – № 10. – С. 2–9.
2. Чибряков, Я.Ю. Отображение объектов рельсового транспорта на топографических картах / Я.Ю. Чибряков // Геодезия и картография. – 2009. – № 6. – С. 24–27.
3. Захаренко, И.А. Структурообразующее значение коридоров Дальнего Востока / И.А. Захаренко, Я.Ю. Чибряков // Мир транспорта. – 2012. – № 1. – С. 168–179.
4. Чибряков, Я.Ю. Картографический метод исследования обеспеченности территорий транспортной сетью / Я.Ю. Чибряков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2012. – № 3. – С. 64–70.
5. Чибряков, Я.Ю. Карты топологической сложности железнодорожной сети / Я.Ю. Чибряков // Инновации и инвестиции. – 2013. – № 8. – С. 157–160.
6. Чибряков, Я.Ю. О новом подходе к изучению железнодорожной сети в транспортно-географических исследованиях / Я.Ю. Чибряков // Бюл. трансп. информ. – 2014. – № 3. – С. 21–25.
7. Чибряков, Я.Ю. Ведомственная картография в системе Министерства путей сообщения (1876–1991 гг.) / Я.Ю. Чибряков // Геодезия и картография. – 2014. – № 9. – С. 57–61.

8. Верещака, Т.В. Картографическая оценка экологического значения железных дорог. Новая классификация карт транспорта / Т.В. Верещака, Я.Ю. Чибряков // Геодезия и картография. – 2015. – № 1. – С. 18–27.

Статьи в прочих журналах:

9. Чибряков, Я.Ю. Использование геоинформационных технологий для картографирования железнодорожного транспорта / Я.Ю. Чибряков // Бюл. трансп. информ. – 2003. – № 10. – С. 35–40.

10. Чибряков, Я.Ю. О целесообразности создания Картографо-геоинформационного центра ОАО «РЖД» / Я.Ю. Чибряков // Экономика железных дорог. – 2006. – № 5. – С. 60–66.

11. Чибряков, Я.Ю. Основные проблемы информационного обеспечения при картографировании инфраструктуры рельсового транспорта / Я.Ю. Чибряков // Геопрофи. – 2009. – № 4. – С. 20–25.

Статьи в сборниках материалов конференций:

12. Чибряков, Я.Ю. Деструкция железнодорожной сети в современной России как актуальный предмет изучения в географии транспорта / Я.Ю. Чибряков // Актуал. проблемы соврем. эконом., социал. и полит. географии: Материалы всерос. научно-практ. конф. – М.: МПГУ, 2011. – С. 40–45.

13. Чибряков, Я.Ю. Проблемы отображения железнодорожной сети на географических картах / Я.Ю. Чибряков // Сб. ст. по итогам научно-техн. конф.: прил. к журн. «Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка». – М.: Изд-во МИИГАиК, 2011. – Вып. 4. – С. 90–91.

14. Чибряков, Я.Ю. Карты топологической сложности железнодорожной сети / Я.Ю. Чибряков // Сб. ст. по итогам научно-техн. конф.: прил. к журн. «Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка». – М.: Изд-во МИИГАиК, 2012. – Вып. 5. – С. 128–130.

15. Чибряков, Я.Ю. Использование картографического метода исследования при изучении ведомственных железнодорожных линий / Я.Ю. Чибряков // Сб. ст. по итогам научно-техн. конф.: прил. к журн. «Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка». – М.: Изд-во МИИГАиК, 2013. – Вып. 6. – С. 98–101.

Подписано в печать 16.10.2015г.

Усл.п.л. – 1.5

Заказ № 29812

Тираж: 100 экз.

Копицентр «ЧЕРТЕЖ.ру»

ИНН 7701723201

107023, Москва, ул.Б.Семеновская 11, стр.12

(495) 542-7389

www.chertez.ru