

УДК 528.9: 314.8

С.А. Тимонин¹**МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ И ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕГИОНАХ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

В статье рассмотрены вопросы, связанные с возможностью применения картографического метода для изучения демографических процессов в России. Сформулировано определение карт демографических характеристик населения и предложена классификация демографических карт. Описаны используемые методики создания комплексных и синтетических карт путем построения легенд табличного типа, разработки интегральных индексов и оценочных классификаций, а также в результате моделирования типологических синтетических характеристик. На основе подготовленной серии карт и базы геоданных создано картографическое веб-приложение «Демография». Карты и разработанное веб-приложение «Демография» могут быть использованы для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов в России, а также для широкого круга пользователей, интересующихся демографическим развитием регионов России.

Ключевые слова: демографические и миграционные процессы, РФ, математико-картографическое моделирование, интернет-картографирование, картографические веб-сервисы.

Введение. К концу первого десятилетия XXI в. демографическая ситуация в Российской Федерации в целом продолжает оставаться крайне неблагоприятной, о чем свидетельствуют данные государственной статистики и множество научных публикаций и докладов, среди последних и наиболее комплексных работ можно указать [1, 3, 5, 10]. Основные параметры демографического развития страны остаются опасными для будущего России, сохранения ее геополитического статуса и необходимого уровня национальной безопасности. Для преодоления этой острой ситуации или для смягчения неблагоприятных последствий тех демографических тенденций, которые не могут быть изменены в ближайшее время, нужно иметь научное обоснование для управления демографическими процессами. Для этих целей необходимо выработать систему индикаторов, интегральных показателей, определить факторы, которые обуславливают ситуацию и с помощью которых можно влиять на ее изменение в области рождаемости, смертности и миграции. При этом исключительно важен учет региональных особенностей и пространственных закономерностей в демографическом развитии РФ.

Исходя из сказанного автор считает, что карты демографических особенностей населения можно будет использовать для анализа, мониторинга и прогнозирования демографической ситуации в регионах РФ, а также для поддержки принятия управленческих решений в сфере оптимизации демографических и миграционных процессов. Кроме того, карты, обладая высокой наглядностью и информативностью, способны привлечь внимание большой аудитории к демографическим проблемам России.

Особенности картографирования населения. Население (народонаселение) как объект картографи-

рования представляет собой совокупность людей, проживающих в определенное время на определенной территории. Составление карт населения, как и любая отрасль картографирования, имеет ряд специфических особенностей и направлений развития.

Первая особенность — географическая дискретность, т.е. приуроченность размещения населения к сети населенных пунктов. Вторая — невыраженность картографируемого явления, а особенно его характеристик на местности в непосредственном виде. Третья особенность создания карт населения заключается в том, что их составлении преимущественно по статистическим данным. Это особенно актуально для мелкомасштабного картографирования, поскольку при создании карт крупного масштаба можно привлекать полевые данные, результаты социологических опросов и исследований, а также материалы аэрокосмической съемки. Использование дополнительной информации значительно повышает детальность изображения, а значит, и надежность создаваемого картографического произведения.

Кроме того, из-за высокой изменчивости демографических и иных характеристик населения необходимо разрабатывать карты динамики изменения численности населения или других его характеристик. Карты этой тематики можно использовать, например, для мониторинга, демографической ситуации в стране и регионах. С созданием карт динамики тесно связана разработка сценариев развития населения и составление пространственно-временных прогнозных карт.

Еще одна особенность картографирования населения связана с внедрением методов математико-картографического и геоинформационного моделирования. Особенно удачным представляется

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория комплексного картографирования, аспирант, e-mail: ser-timonin@yandex.ru

использование интегральных показателей для комплексной оценки различных аспектов населения.

Определение и классификация демографических карт. Виды карт населения соответствуют их группировке по отраслям знаний, входящим в систему наук о народонаселении: география населения, демография, этнография и экономика народонаселения. Объект демографии, как и многих других социальных и экономических наук, — население. Предмет демографии — процесс воспроизводства населения, т.е. непрерывное возобновление его численности и структуры через смену поколений, через «рождаемость» и «смертность». Узкий подход к определению демографии ограничивается рассмотрением лишь естественного движения населения. Сторонники широкого подхода к определению предмета демографии считают невозможным игнорировать влияние миграционных процессов на воспроизводство населения. *Демографические карты* (или карты демографических характеристик населения) — это карты, показывающие структуру населения и его динамику в результате естественного движения и миграций.

Чтобы упорядочить и систематизировать множество демографических карт, автором предложена классификация карт демографических характеристик населения по их содержанию (рис. 1) [12]. Классификация карт — это система, представляющая совокупность карт, подразделяемых (упорядоченных) по какому-либо избранному признаку [6]. В нашем случае критерием для проведения классификации служит содержание карт.

Сначала демографические карты разделены на карты общих демографических характеристик, комплексно характеризующих демографические процессы в стране (регионе), и карты демографических компонентов, за счет которых происходит формирование населения (его численность и структура), а также его изменение во времени и пространстве.

Карты общих демографических характеристик представлены двумя группами карт — картами численности населения и его структуры, а также картами динамики населения.

Демографические рост или убыль населения происходят за счет процессов естественного и механического движения населения. Именно группы карт этих характеристик населения формируют блок карт демографических компонентов. Воспроизводство населения обусловлено соотношением показателей рождаемости и смертности населения, а также его здоровьем. Механическое движение населения происходит за счет разнообразных причин и целей. Это позволяет разделить карты демографических компонентов на карты естественного движения (с разделением на карты рождаемости, смертности и здоровья) и карты миграции населения.

Наибольшие трудности представляет классификация карт миграции населения. При типологии миграции в демографии следуют одному выбранно-

му критерию (географический признак, структура мигрантов, время их пребывания в стране/регионе, цели миграции и т.д.), что приводит к громоздкой классификации. Поэтому при классификации миграционных карт, учитывая современные тенденции миграции в РФ и особенности ее регистрации в учетно-статистических материалах, в первую очередь автор следовал временному критерию, т.е. выделял постоянную (безвозвратную) и временную (возвратную) миграцию. Временная миграция в соответствии с целями разделяется на трудовую и учебную, в этой группе выделяется еще вынужденная миграция (цель — поиск убежища в другой стране/регионе). В качестве дальнейших критериев для классификации миграционных карт выступают направление миграционных перемещений (эмиграции и иммиграция, а также репатриации) и структура миграционных потоков.

Помимо перечисленных следует выделить оценочные и типологические карты, а также карты районирования. Эти виды карт чаще всего составляют на основе нескольких показателей, и их не всегда можно отнести к определенной группе. Однако эти карты исключительно важны для комплексного изучения демографических процессов и принятия научно обоснованных управленческих решений в сфере регулирования или совершенствования регулирования демографических и миграционных процессов в РФ и других странах.

Карты демографических характеристик населения не являются изолированными картографическими произведениями и находятся в тесном взаимодействии с другими социально-экономическими и природными картами.

Методы демографического картографирования. Анализ карт демографической тематики в отечественных региональных атласах, зарубежных национальных атласах, а также карт, размещенных в интернете, позволяет сделать вывод, что преобладающее большинство мелкомасштабных демографических карт, составленных по статистическим данным, — аналитические, т.е. они отражают отдельные характеристики или свойства населения и его элементов (например, естественный прирост населения или сальдо миграции). Реже встречаются комплексные карты, совмещающие изображение нескольких характеристик населения, а также карты анимированного пространства.

Рассмотрим подходы к системному географическому картографированию демографических характеристик населения, которые будут разобраны на примере созданной серии миграционных и общедемографических карт. Первая использованная методика — организация и представление информации о демографических особенностях населения в виде табличных легенд. Ценность такого подхода состоит в комплексном отображении того или иного явления одновременно с возможностью покомпонентного анализа.

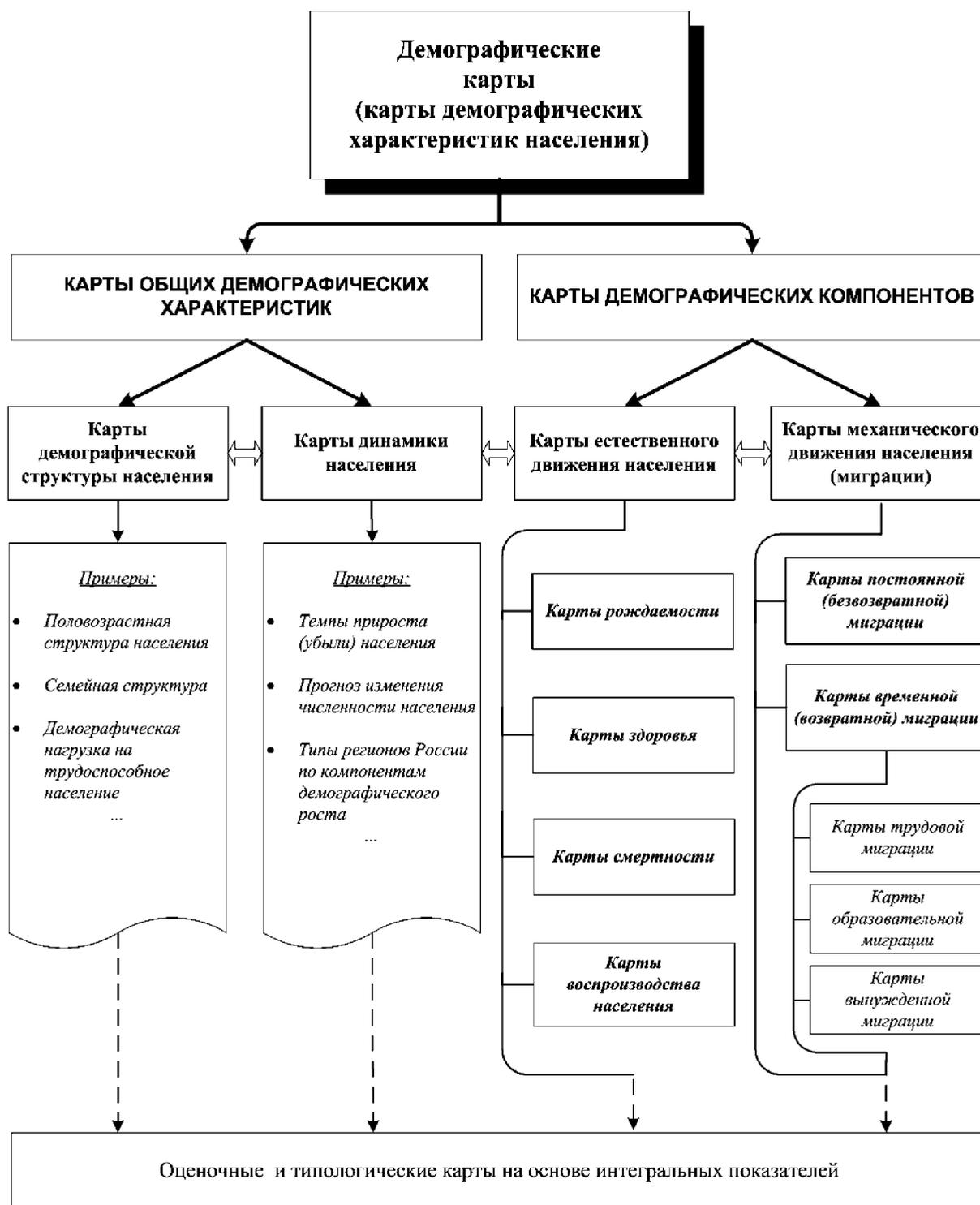


Рис. 1. Классификация демографических карт

Использование этого метода нашло отражение при создании карты «Миграционная активность населения» (рис. 2). Карта содержит информацию о характере постоянных миграционных перемещений (как внешних для России, так и внутренних) и их интенсивности². Разработка тематического содержания карты и легенды к ней состоит из трех этапов:

- разделения всех регионов РФ на регионы-доноры и регионы-реципиенты в зависимости от величины сальдо миграции, представляющей собой разницу между абсолютным числом прибывших и выехавших мигрантов на постоянное место жительства;
- дальнейшей дифференциации субъектов РФ на группы в зависимости от характера внутренней и

² Эта карта характеризует только миграцию на постоянное место жительства, не касаясь аспектов временной трудовой миграции, являющейся в настоящее время наиболее массовым и динамичным потоком в РФ.

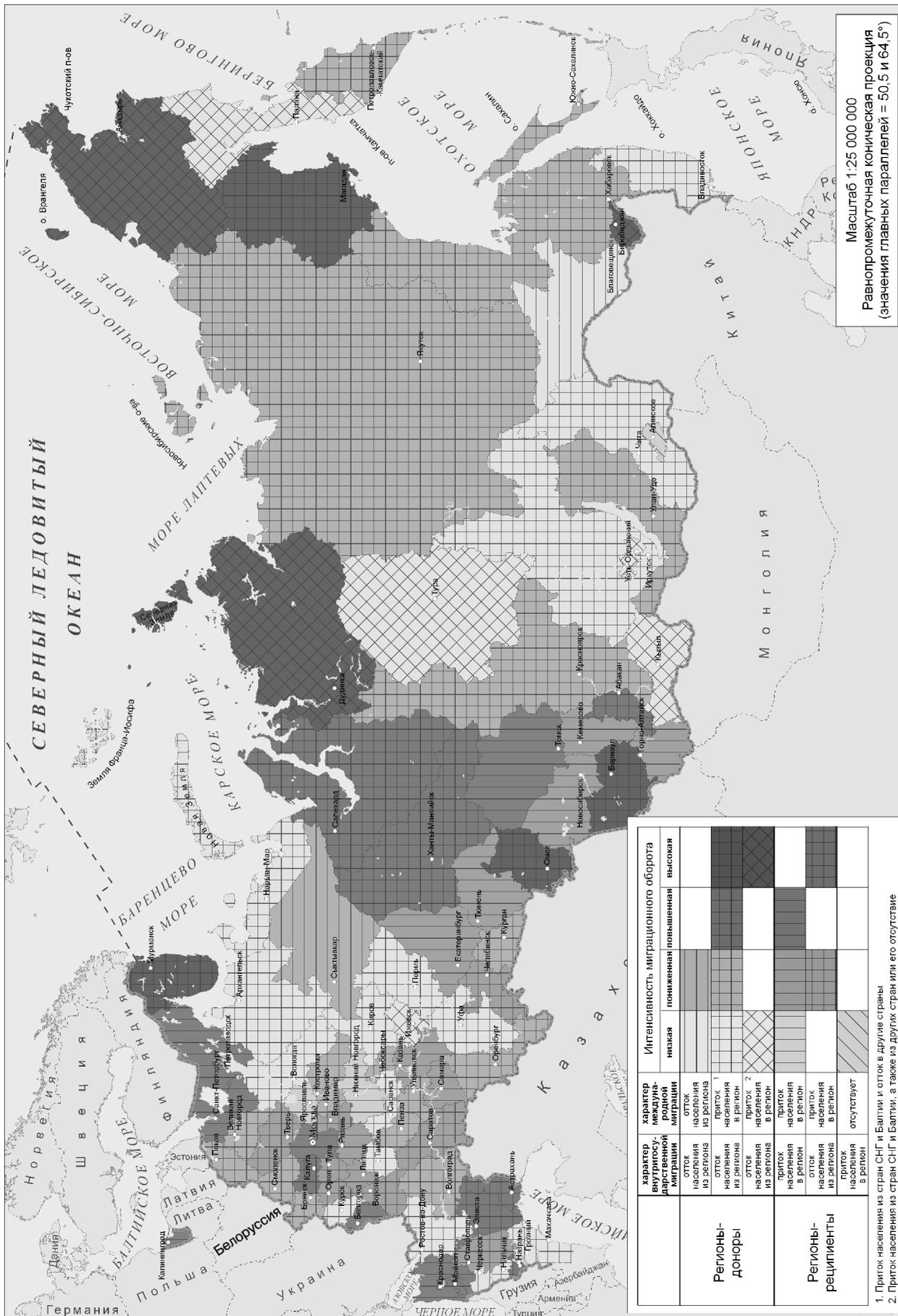


Рис. 2. Миграционная активность населения (2007 г.)

Масштаб 1:25 000 000
Равнопромежуточная коническая проекция
(значения главных параллелей = 50,5 и 64,5°)

внешней миграции — оттока или притока населения вследствие внутренних и внешних миграционных перемещений;

— группировки регионов РФ в соответствии с величиной миграционной активности в субъектах РФ. Миграционная активность населения рассчитывается на основе нормализованного коэффициента интенсивности по миграционному обороту, который рассчитывается по отношению к постоянному населению в промилле по формуле

$$K_{\text{мо}} = \text{МО} / \text{Ч}_{\text{н}} \cdot 1000,$$

где $K_{\text{мо}}$ — коэффициент интенсивности миграционного оборота, МО — абсолютный показатель миграционного оборота в регионе (стране) за год, $\text{Ч}_{\text{н}}$ — среднегодовая численность постоянного населения.

Анализ карты позволяет сделать вывод о тотальном снижении миграционной мобильности населения (низкая и пониженная миграционная активность населения наблюдается в 66 субъектах РФ); снижении миграционной привлекательности регионов РФ для иностранных граждан, выбирающих РФ в качестве места постоянного жительства; интенсивном оттоке населения из наименее развитых и стратегически важных приграничных территорий (число регионов-доноров составляет чуть более 50).

Результаты исследования учебной миграции представлены на карте «Учебная миграция иностранных студентов в РФ». Число российских городов, в вузах которых в 2008 г. на дневных отделениях обучались более 500 иностранных студентов, составляет 30. В связи с этим в качестве единиц картографирования выступают 30 городов и столько же регионов РФ, в которых эти города расположены. Карта является комплексной, на ней отражены следующие характеристики учебной миграции: доля иностранных студентов от общего контингента иностранцев, обучающихся на дневных отделениях всех российских вузов (способ картограмм, графическое средство — штриховка разных наклона и интенсивности); число иностранных студентов (значки разного размера); число вузов, в которых обучались иностранные студенты, в том или ином городе (структура значка); вклад учебной миграции в экономику региона, представленный в матричном виде (способ картограмм, графическое средство — цветовая заливка).

Таким образом, комплексный подход к картографированию демографических характеристик населения весьма эффективен при изучении разнообразных демографических процессов в целом в России и ее регионах.

Следующий подход к картографированию демографических процессов связан с использованием моделей, ориентированных на моделирование типологических характеристик, условием создания которых является гомогенность объединяемых в одну группу территориальных единиц. Алгоритм автоматизированной типологической классификации под-

робно изложен в монографии [11], а применительно к картографированию населения — в статье [9]. Эта методика автора широко применялась для картографирования и изучения международной трудовой миграции. В качестве примера реализации такого подхода можно назвать карту «Отраслевая структура занятости трудовых мигрантов в РФ».

В качестве исходных показателей использованы данные о численности иностранных трудовых мигрантов, занятых в отраслях экономической деятельности. В результате классификации выделено 5 групп субъектов Российской Федерации, для каждой характерен определенный тип (типы) занятости иностранных работников. Так, в первую группу входят регионы РФ, в которых иностранные граждане работают преимущественно в строительной индустрии. (Строительство — та отрасль экономической деятельности, в которую привлекается наибольшее количество гастарбайтеров.) Вторая группа — регионы, в которых иностранные работники заняты в обрабатывающих производствах, а также на транспорте и в связи. Третья группа формируется главным образом за счет субъектов РФ, в которых большинство иностранных трудовых мигрантов занято в сельском и лесном хозяйстве, а также охотой. Четвертая, наиболее малочисленная группа представлена тремя субъектами РФ — Калужской и Калининградской областями, а также Таймырским АО. В данных регионах преобладающее большинство иностранных мигрантов занято на транспорте и в связи. Последняя пятая группа включает субъекты РФ, в которых трудовые иностранные мигранты заняты преимущественно в оптовой и розничной торговле, ремонте автотранспортных средств, бытовых изделий и пр.

Еще один пример использования рассмотренной методики связан с исследованием влияния трудовой международной миграции на положение рынков труда в РФ. При разработке карты «Структура рынка труда в РФ» выбраны 3 исходных показателя, оказывающих, по мнению автора, наиболее существенное влияние на положение на рынке труда в регионах: доля иностранной рабочей силы в структуре занятого населения региона; доля российских граждан, выехавших на работу за границу, в структуре занятого населения в регионе; уровень безработицы в регионе. В результате типологической классификации выделено пять таксонов. В первый таксон входят регионы с высоким уровнем безработицы, во второй — регионы, рынки труда которых значительно зависят от импорта рабочей силы. Третий — сформирован за счет субъектов Российской Федерации с высокой зависимостью рынка труда от экспорта российских трудовых эмигрантов. Регионы, отнесенные к четвертому и пятому таксонам, характеризуются относительно сбалансированной ситуацией на рынке труда. Основное различие между последними заключается в том, что для четвертого характерны минимальные

показатели импорта рабочей силы и низкий уровень безработицы.

Следующий метод картографирования базируется на разработке интегральных показателей и создании на их основе оценочных карт. Методики получения индексов значительно отличаются в зависимости от целей и задач исследования, исходного набора показателей, применяемых математических моделей. Автором предложены 2 интегральных показателя — индекс напряженности на рынке труда с учетом международной трудовой миграции и коэффициент демографического благополучия регионов РФ. При разработке первого показателя использована методика агрегирования показателей на основе расчета расстояния до наилучшей операционно-территориальной единицы, отвечающей модели идеально сбалансированного рынка труда [8, 9, 12]. Подробнее рассмотрим расчет коэффициента демографического благополучия.

Этот показатель является модификацией интегрального индекса, предложенного Л.Л. Рыбаковским [4], его можно получить перемножением трех показателей, характеризующих естественное движение населения, его механическое движение и демографическую динамику:

1) индекса жизненности, т.е. частного от деления общего коэффициента рождаемости на общий коэффициент смертности (или числа родившихся на число умерших за год). Индекс жизненности принимает значения >1 при естественном приросте населения и <1 при его убыли:

$$\text{индекс жизненности (IV)} = \text{ОКР}/\text{ОКС},$$

где ОКР — общий коэффициент рождаемости, ОКС — общий коэффициент смертности;

2) поправочного коэффициента за миграцию, который рассчитывается путем прибавления к фактической численности населения на начало года сальдо миграции, а затем полученная расчетная величина делится на фактическое население. В случае миграционного притока населения поправочный коэффициент за миграцию >1 , в противном случае — <1 :

$$\text{поправочный коэффициент за миграцию (MI)} = \\ = (\text{фактическая численность} + \text{сальдо миграции}) / \\ \text{фактическая численность};$$

3) коэффициента, отражающего темп прироста населения за год. Он рассчитывается путем деления численности населения на конец года на численность населения, зарегистрированную в начале года:

$$\text{темпы прироста за год (PG)} = \\ = \text{численность населения на конец года} / \text{численность населения на начало года}.$$

Произведение трех показателей позволяет судить о демографическом благополучии (неблагополучии) регионов РФ. Составление серии разновременных карт позволяет проследить динамику, выявить зако-

номерности, составить прогнозы демографического развития регионов РФ.

Картографическое веб-приложение в составе прототипа геопортала «Демография». Разработанная по описанным выше методикам серия демографических карт представлена в недавно опубликованном Атласе демографического развития России [1]. Помимо традиционного издания важно разместить картографические произведения в интернете или в иной общедоступной глобальной сети для обеспечения онлайн-доступа пользователей к ресурсам пространственных данных. Реализация подобных идей особенно актуальна и необходима в связи со вступлением в новую эпоху геоинформатики — эпоху инфраструктур пространственных данных (ИПД). В ГОСТе Р 52438–2005 «Географические информационные системы. Термины и определения» дана следующее определение термина ИПД: «Информационно-телекоммуникационная система, обеспечивающая доступ граждан, хозяйствующих субъектов, органов государственной и муниципальной власти к распределенным ресурсам пространственных данных, а также распространение и обмен данными в общедоступной глобальной информационной сети в целях повышения эффективности их производства и использования» [2]. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации утверждена Постановлением Правительства РФ в августе 2006 г. [7], однако с тех пор на национальном уровне сделано немного. Все инициативы уходят на региональный уровень и, как правило, заключаются в создании ведомственных и корпоративных ИПД, ИПД крупных предприятий и научно-образовательного сообщества.

В архитектуре ИПД выделяют 4 главных компонента: организационно-техническое обеспечение; базовые пространственные данные (БПД); стандарты, а также геопорталы, предназначенные для поиска данных и других геоинформационных ресурсов по их метаданным, их визуализации, трансформированию и т.п. Автором предпринята попытка создать картографическое веб-приложение в составе прототипа геопортала «Демография» на основе ArcGIS Server. Общая схема функционирования на основе ArcGIS Server представлена на рис. 3.

Сначала на основе подготовленной серии карт и базы геоданных созданы картографические веб-сервисы. Затем на основе уже созданных ГИС-сервисов сгенерировано картографическое веб-приложение «Демография» и осуществлена настройка требуемой функциональности. Созданное картографическое веб-приложение «Демография» состоит из набора интерактивных тематических и базовых слоев (с возможностью включения/отключения слоев). Клиентами системы ArcGIS Server являются пользователи ArcGIS Desktop, ArcGIS Explorer, веб-приложений (наиболее многочисленная группа) и мобильных приложений.

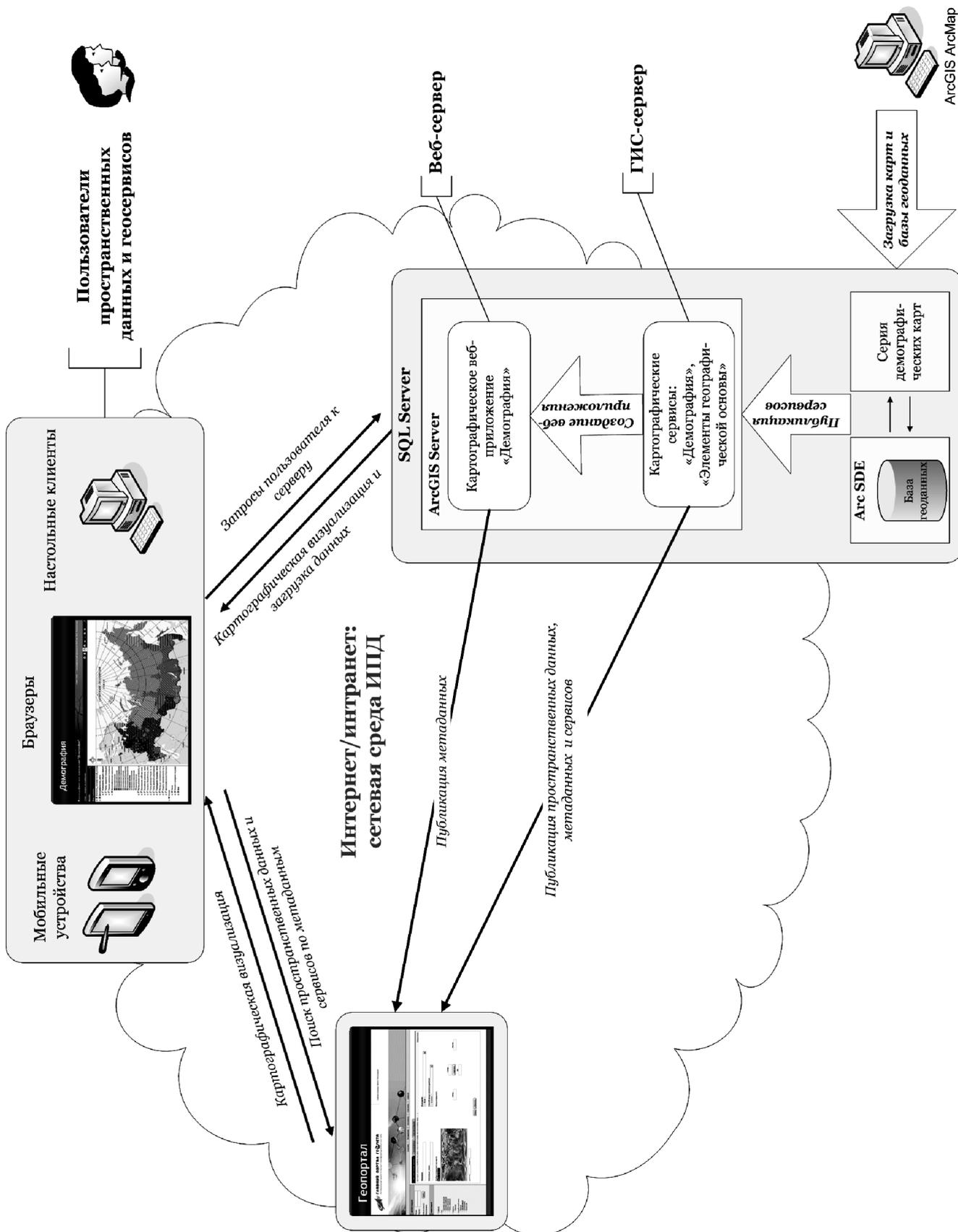


Рис. 3. Схема публикации веб-сервисов и создания картографического веб-приложения на основе технологий ArcGIS Server

Функциональность созданного приложения определяется средствами управления картографическим изображением, а именно масштабированием, достигаемым с помощью использования «лупы»; перемещением в пределах рамки (скроллинг, прокрутка); центрированием относительно выбранной точки; переходом к предыдущему/последующему виду; выделением фрагментов; получением информации об объекте при указании на него, а также на левой панели в окне «Results»; измерением; обзором; навигацией по карте и масштабированием.

Созданный картографический веб-сервис полностью соответствует спецификации WMS и может быть интегрирован в инфраструктуру пространственных веб-сервисов, что и планируется реализовать в ближайшее время на примере прообраза академической ИПД — GeoMETA. Это обеспечит эффективный поиск сервиса по метаданным, доступ к нему и картографическую визуализацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас демографического развития России / Под ред. Г.В. Осипова, С.В. Рязанцева. М.: Экономическое образование, 2009. 220 с.
2. ГОСТ Р 52438–2005 «Географические информационные системы. Термины и определения». М.: Стандартинформ, 2006. 11 с.
3. Демографические перспективы России / Под ред. Г.В. Осипова, С.В. Рязанцева. М.: Экон-Информ, 2008. 906 с.
4. Демографические перспективы России // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. «Демографическое будущее России: проблемы и пути решения» (Москва, 19–21 сентября 2008 г.). М.: Academia, 2008. С. 339–342.
5. Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации: «Россия перед лицом демографических вызовов». URL: <http://demoscope.ru/weekly/knigi/undp2008rus/undp2008.html> (31.05.2010).
6. Картоведение: Учебник / Под ред. А.М. Берлянта. М.: Аспект-Пресс, 2003. С. 13.
7. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации, 2006.

Заключение. Современные тенденции в картографировании населения свидетельствуют о том, что преобладающее большинство карт демографической тематики ограничено отображением частных демографических показателей, таких, как величина естественного прироста, сальдо миграции, коэффициенты брачности и разводимости. В статье рассмотрены разнообразные подходы к системному географическому картографированию демографических особенностей населения на основе разработки легенд табличного типа, использования методов оценочной и типологической классификации. Создание карт подобных типов позволит подробнее, глубже и комплекснее изучать те или иные аспекты демографического развития РФ, составлять прогнозы, формулировать рекомендации по оптимизации демографических и миграционных процессов в РФ.

URL: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_114943.html (31.05.2010).

8. Кошкарёв А.В., Тикунов В.С., Тимонин С.А. Картографические веб-сервисы геопорталов: технологические решения и опыт реализации // Пространственные данные. 2009. № 3. С. 6–15.
9. Рязанцев С.В., Тикунов В.С., Тимонин С.А. Методика оценки напряженности на российских региональных рынках труда с учетом международной трудовой миграции // Сегодня и завтра российской экономики. 2009. № 24. С. 3–20.
10. Социально-демографическая безопасность России / Под ред. В.А. Чернышева, А.И. Татаркина. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. 864 с.
11. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. С. 69–99.
12. Ryazantsev S.V., Tikunov V.S., Timonin S.A. GIS and cartographic modeling for sustainable development (demographic aspect) // Proceed. of the 15th Intern. Conference InterCarto-InterGIS. Perm; Ghent, 2009. P. 194–199.

Поступила в редакцию
12.10.09

S.A. Timonin

MATHEMATICAL-CARTOGRAPHIC AND GEOINFORMATIONAL MODELING OF DEMOGRAPHIC PROCESSES IN THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Possible applications of cartographic methods for the investigation of demographic processes in the RF are discussed. Definition of the maps of demographic characteristic of the population is suggested, as well as the classification of demographic maps. Methods of complex and synthetic maps compilation are described, such as development of table-type legends, elaboration of integral indices and evaluation classifications, and modeling of typological synthetic parameters. A cartographic web-application Demography was developed using the series of maps and the database compiled by the author. Both maps and the web-application could be used for support of decision-making in the sphere of optimization of demographic and migration processes in Russia. They are also useful for a wide range of users taking interest in the demographic development of the RF regions.

Key words: demographic and migration processes in the RF, mathematical-cartographic modeling, Internet-mapping, cartographical web-services.