

УДК 911.3:314(476)+331.52:63

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Е. А. АНТИПОВА¹⁾, В. М. ХРАМОВ¹⁾, А. А. САЗОНОВ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Проведен анализ методических подходов картографирования демографического старения населения как компонента возрастной структуры на примере Республики Беларусь. По результатам выявленных пространственно-временных тенденций демографического старения в стране обоснована необходимость его картографирования качественно новыми способами. Установлено, что для отображения демографического старения разрабатываются преимущественно аналитические и синтетические карты, классическим способом выступает картограмма, инновационным – объемная блок-диаграмма, создающаяся в электронной среде. Представлены фрагменты авторской 3D-модели демографического старения в Республике Беларусь. Определено, что для ее разработки требуется последовательное выполнение четырех этапов: создание трехмерной модели; изготовление рельефной формы-основы; печать карты на пластике; термовакуумное формование пластика с напечатанной на нем картой и использование трех программных продуктов – *ArcGIS ArcScene 10.5*, *Microsoft 3D Builder* и *Cura*. Делается вывод о том, что подобная картографическая визуализация выполнена впервые в Республике Беларусь применительно к демографическим процессам.

Ключевые слова: демографическое старение; картографирование возрастной структуры; картограмма; объемная блок-диаграмма; 3D-визуализация.

Благодарность. Публикация подготовлена в рамках проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Г16Р-011 «Демографическое старение России и Беларуси: оценка масштабов и социально-экономических последствий».

NEW APPROACHES TO MAPPING OF THE DEMOGRAPHIC AGEING IN THE REPUBLIC OF BELARUS (CASE STUDY OF 3D VISUALIZATION)

E. A. ANTIPOVA^a, V. M. KHRAMOV^a, A. A. SAZONOV^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: E. A. Antipova (antipovaekaterina@gmail.com)

The methodological approaches to mapping of the demographic ageing as a component of the population age structure on the example of the Republic of Belarus are analyzed in the article. Based on the results of the revealed spatial and tem-

Образец цитирования:

Антипова Е. А., Храмов В. М., Сазонов А. А. Картографирование демографического старения в Республике Беларусь с использованием 3D-визуализации // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2018. № 1. С. 10–20.

For citation:

Antipova E. A., Khramov V. M., Sazonov A. A. New approaches to mapping of the demographic ageing in the Republic of Belarus (case study of 3D visualization). *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2018. No. 1. P. 10–20 (in Russ.).

Авторы:

Екатерина Анатольевна Антипова – доктор географических наук, профессор; заведующий кафедрой экономической и социальной географии.

Владимир Михайлович Храмов – старший преподаватель кафедры геодезии и картографии.

Алексей Александрович Сазонов – студент магистратуры кафедры почвоведения и земельных информационных систем.

Authors:

Ekaterina A. Antipova, doctor of science (geography), full professor; head of department of economic and social geography. antipovaekaterina@gmail.com

Vladimir M. Khramov, senior lecturer at the department of the faculty of geodesy and cartography.

khramov.v.m@gmail.com

Aleksey A. Sazonov, master's degree student at the department of soil science and land information systems, faculty of geography.

alexey.sazonov@gmail.com

poral trends of demographic ageing in the Republic of Belarus, the necessity of mapping by new methods is justified. It is established that for the depiction of demographic ageing, analytical and synthetic maps are mainly developed, the cartogram is the classical way, innovative way is the volumetric block diagram which created in the electronic environment. Fragments of the author's 3D model of demographic ageing in the Republic of Belarus are presented in the article. It is determined that it is required to consistently perform four stages: creation of a three-dimensional model; the production of a relief mold-base; print the card on the plastic; thermovacuum molding of plastic with a card printed on it for its development, and the using of three software products – *ArcGIS ArcScene 10.5*, *Microsoft 3D Builder* and *Cura*. It is concluded that such cartographic visualization was performed for the first time in the Republic of Belarus with reference to demographic processes.

Key words: the demographic ageing; mapping of the population age structure; cartogram; volumetric block diagram; 3D visualization.

Acknowledgements. The publication was prepared in the framework of the Belarusian Republican Foundation for fundamental Research project No. Г16Р-011 «Demographic ageing of Russia and Belarus: assessment of the scale and socio-economic consequences».

Введение

Демографическое старение представляет собой многогранный процесс развития общества, который определяется трансформацией возрастной структуры в условиях второго демографического перехода. В XXI в. высокий уровень социально-экономического развития и размеров мирового валового продукта обеспечивается демографически стареющими экономикками высокоразвитых государств [1]. Демографическое старение в нынешних условиях становится объектом междисциплинарного изучения, затрагивает научные интересы многих отраслей знаний, которые предлагают современному обществу механизмы, стратегии и качественно новые пути развития в условиях этого исторически объективного и необратимого демографического явления. В Республике Беларусь демографическое старение также является одной из основных тенденций, требующих междисциплинарного, детального и постоянного изучения. Однако если геронтологические, медицинские, социологические, экономические и географические аспекты старения в нашей стране изучаются в разной степени с 1980-х гг., то картографирование этого процесса выступает новой предметной областью для Республики Беларусь. Следует отметить, что в нашей стране традиции картографирования населения были сформированы на географическом факультете БГУ еще в конце 1960-х гг. В течение уже полувека его профессорско-преподавательским коллективом создается уникальная картографическая продукция, отражающая широкий спектр демографических процессов в мире и Республике Беларусь, для учреждений как среднего, так и высшего образования [2–5]. Учитывая имеющийся практический опыт, в данном исследовании ставилась цель охарактеризовать особенности картографирования демографического старения как элемента возрастной структуры населения, акцентируя внимание на новейших технологиях 3D-визуализации этого процесса. Структурно статья состоит из трех взаимосвязанных элементов, первый из которых дает краткое представление о трендах демографического старения в Республике Беларусь, второй раскрывает общие характеристики картографирования возрастной структуры населения, третий посвящен характеристике авторской методики и интерпретации картографической 3D-визуализации исследуемого процесса.

Материалы и методы исследования

Современные тенденции развития картографии связаны с геоинформационными технологиями и 3D-картографированием. Использованию геоинформационных технологий для изучения населения посвящено большое количество научных исследований. На постсоветском пространстве наиболее активные разработки в этой области ведутся в России. На базе географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова сформировалась школа геоинформационного и математико-картографического моделирования социально-демографических процессов под руководством профессора В. С. Тикунова. Исследования по данному направлению представлены в работах Е. А. Баженовой [6], В. А. Кисловой [7], О. Ю. Чукловой [8], А. И. Игонина [9], С. А. Тимонина [10–12], В. С. Белозерова [13], А. Н. Панина [14], Р. О. Маслиева [15], И. Г. Раужина [16] и др. В Беларуси исследований в области геоинформационного картографирования существенно меньше, основные работы проводятся под руководством профессора Е. А. Антиповой начиная с 2002 г. [17]. Большинство работ по 3D-картографии посвящены 3D-моделям местности. В меньшей степени 3D-моделирование пока используется в тематическом картографировании и, в частности, для картографирования демографических процессов.

При проведении данного исследования нами использовались классические методы социально-экономической картографии, геоинформатики и трехмерной компьютерной графики. Информационной базой выступили официальные статистические данные материалов переписей населения и текущей демографической статистики Национального статистического комитета Республики Беларусь [18].

Результаты исследования и их обсуждение

Основные тенденции демографического старения в Республике Беларусь. Главной тенденцией старения населения в Беларуси в XXI в. является то, что старшая возрастная группа (старше 60 лет) единственная в структуре населения с положительной динамикой за последние годы. В настоящее время численность населения в возрасте старше 60 лет составляет 1845 тыс. человек, или 20,3 % в структуре населения. Эти показатели меньше, чем в среднем в европейском регионе, однако как по шкале ООН, так и по шкале Ж. Боже-Гарнье – Э. Россета они оцениваются как очень высокий уровень демографического старения.

Второй тенденцией выступает различие трендов старения городского и сельского населения. Так, если за период 1989–2015 гг. численность населения в возрасте старше 60 лет в городской местности неуклонно возрастала – с 660 тыс. до 1250 тыс. человек, т. е. в два раза, то в сельской местности пожилое население сократилось – с 920 тыс. до 595 тыс. человек. Доля населения в возрасте старше 60 лет в городах составляет в настоящее время 17,9 %, в сельской местности – 27,9 %.

Сельская местность Беларуси демографически постарела значительно раньше, чем городская. Это связано с «миграционным бумом» трудоспособного населения из села в город в 1959–1979 гг., вызванным индустриализацией страны. В результате основная часть населения пенсионного возраста сосредоточилась в сельских населенных пунктах, где демографическое старение проявилось раньше, чем в городе [19]. В силу этого в белорусском селе резко увеличились показатели смертности населения. В сельской местности Беларуси выделяются чрезвычайно демографически постаревшие районы, где доля населения старше трудоспособного возраста превышает 40 % (например, Ушачский – в Витебской области, Кореличский, Зельвенский, Свислочский, Щучинский – в Гродненской, Солигорский – в Минской).

В городах Беларуси также повсеместно отмечен процесс демографического старения. Однако наибольшей долей населения старше трудоспособного возраста характеризуются малые города с численностью менее 20 тыс. человек: Коссово, Пружаны, Давид-Городок в Брестской области; Барань, Браслав, Дубровно, Дисна, Сенно – в Витебской. В них доля данной возрастной группы превышает 25 %.

Третьей тенденцией выступает дифференциация в распределении пожилого населения по территории Беларуси. В столице сосредоточено наибольшее количество представителей данной возрастной группы – 345 тыс. человек в возрасте старше 60 лет, или 19 % в региональной структуре. Доля Брестской, Гомельской и Минской областей составляет 15 %. Наименьшей численностью населения в возрасте старше 60 лет характеризуются Гродненская и Могилёвская области.

Регионы Беларуси по характеру динамики численности населения в возрасте старше 60 лет делятся на две группы: с отрицательной и положительной динамикой. В пяти областях – Брестской, Витебской, Гомельской, Гродненской, Минской – и в столице отмечен рост численности населения данной возрастной группы (в г. Минске – более чем двукратный). Столица характеризуется также самым значительным увеличением численности населения в возрасте старше 60 лет – с 155 тыс. до 345 тыс. человек. Могилёвской области свойственна отрицательная динамика.

Четвертая тенденция свидетельствует о наступлении в Беларуси стадии очень высокого уровня старости на полимасштабном уровне. Оценка демографического старения в регионах Беларуси позволила выявить, с одной стороны, соответствие тренда регионов общему в стране (доля населения в возрасте старше 60 лет увеличивается), с другой – региональную специфику, в основе которой лежат локальные факторы. В 1989 г. все регионы Беларуси перешли двенадцатипроцентную отметку доли населения в возрасте старше 60 лет, что говорит о вступлении нашей страны в качественно новую стадию демографического развития – старения. В 1999 г. абсолютное большинство регионов (за исключением Могилёвской области) перешли 18 % отметку по шкале Ж. Боже-Гарнье – Э. Россета, что означает наступление стадии очень высокого уровня старости. В настоящее время наиболее демографически постаревшими являются три региона Беларуси – Минская, Витебская и Гродненская области, где доля лиц в возрасте старше 60 лет превысила 20 % [1].

Картографирование возрастной структуры населения. Особенность картографирования старения населения, как и других демографических процессов, состоит в том, что оно выполняется на основе количественных показателей, основными источниками данных которых являются переписи населения и текущий статистический учет демографических событий. Карты в подавляющем числе случаев будут аналитическими, характеризующими отдельные особенности или свойства населения отвлеченно от целого, не учитывающими связи с другими особенностями или свойствами демографических процессов. Однако могут создаваться и синтетические карты, отражающие типологии административно-территориальных единиц по трендам и характеру возрастной структуры. В нашем случае картографирование старения населения Республики Беларусь выполнялось на основе данных текущего статистического учета за 2015 г. [18].

Для максимальной информативности и читаемости картографического изображения важно правильно выбрать способ визуализации. Выбор способов изображения явлений на тематических картах определяется назначением карты, сущностью и особенностями изображаемых явлений, характером их размещения, качеством и подробностью источников и др. [20]. Способы картографического изображения, в свою очередь, влияют на выбор картографической проекции, масштаба, детальность географической основы. Учитывая, что исходная информация (текущий учет) представлена по административно-территориальным единицам, то вполне очевиден выбор способа картограммы для составления карт демографического старения населения, так как различные коэффициенты и индексы, характеризующие старение населения, представляют собой относительные количественные показатели, соотнесенные с территориальными единицами. В качестве ячеек территориального деления нами были выбраны 118 административных районов. Использование ячеек условной регулярной сетки, получивших развитие с внедрением в картографию математических методов и средств автоматизации, для картографирования старения населения и других демографических процессов нецелесообразно в связи с тем, что по данным ячейкам не ведется статистический учет и они не связаны с конкретной экономической и социальной организацией территории. Применять способ псевдоизолиний нецелесообразно по той же причине.

Картограмма, как способ картографического изображения, обладает рядом свойств:

- соответствие исходных учетно-статистических материалов территориальной «организации» картографируемых данных: административному, хозяйственному, политическому делению [21];
- простота построения и восприятия [22];
- подлинный характер размещения явлений на картограммах искажается из-за отсутствия связи между естественным районированием явления и принятой для картограммы сеткой территориального деления [22];
- использование упрощенной картографической основы.

Для наглядности изображения каждую территориальную единицу обычно окрашивают или штрихуют так, чтобы по насыщенности цвета или штриховки можно было судить об интенсивности явления [22]. В картограммах обычно используются условные ступенчатые шкалы. От выбора шкалы количественной характеристики явления зависит степень географической достоверности картограммы. Для картограмм чаще всего применяются ступенчатые шкалы, построенные по арифметической или геометрической прогрессии. Шкала арифметической прогрессии удобна, когда интенсивность изменяется постепенно с небольшой амплитудой. Если наблюдается большой и неравномерный разброс количественного показателя, то следует применять геометрическую прогрессию при построении шкалы.

Для картографирования нами был взят показатель, полученный на основе первичной статистической информации, – доля сельского населения старше 60 лет в пределах административного района. Поскольку разброс количественного показателя в нашем случае незначительный (рис. 1), то для построения картограммы целесообразно использовать шкалу равных интервалов, построенную по арифметической прогрессии.

При оформлении шкал интенсивности явления необходимо обращать внимание на различимость ступеней шкалы. Для зрительной дифференциации оттенков одноцветной шкалы число ступеней не должно быть больше 7, в двухцветных шкалах число ступеней может возрастать до 10–12 [22]. По этой причине для 118 районов Беларуси невозможно использовать непрерывную шкалу в картограмме. Изобразить это на плоскости с помощью существующих графических средств практически невозможно.

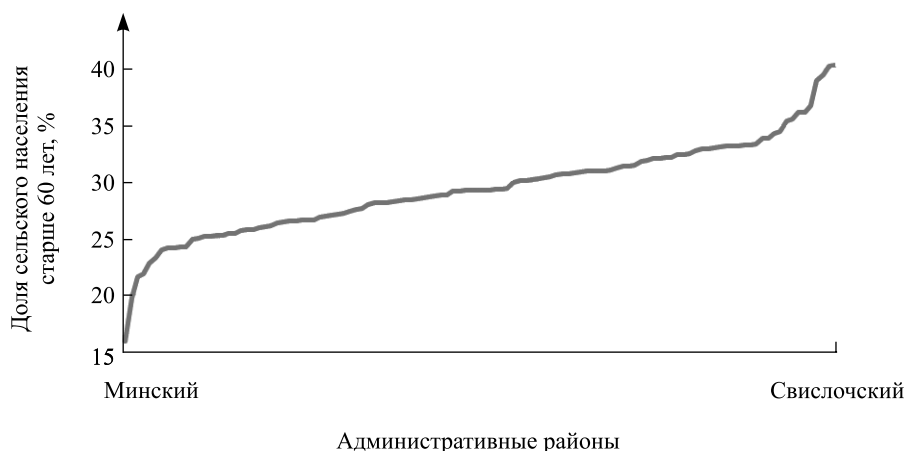


Рис. 1. Распределение исходных данных
Fig. 1. Source data distribution

Недостатком ступенчатых шкал является то, что они не дают возможности точно определить количественный показатель, а позволяют только установить принадлежность данных к тому или иному диапазону количественных значений (рис. 2).

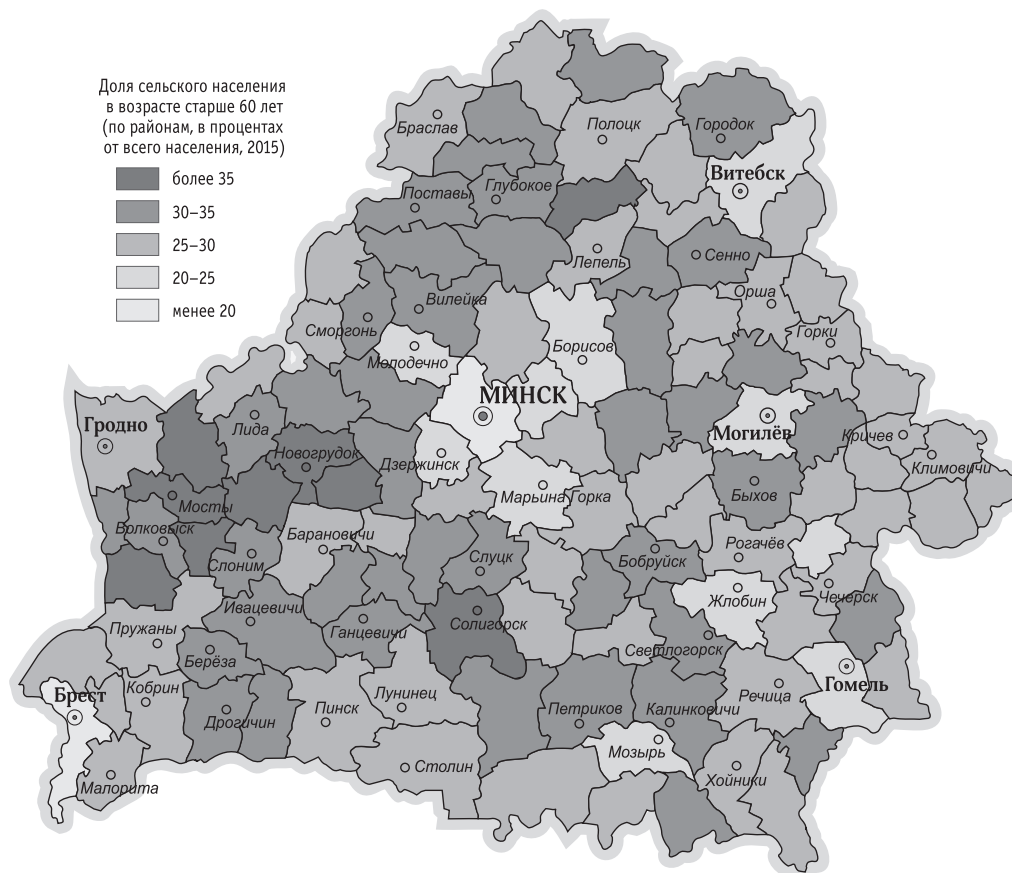


Рис. 2. Картограмма «Сельское население Беларуси в возрасте старше 60 лет» (по районам, в процентах от всего населения, 2015 г.), построенная в условной ступенчатой шкале

Fig. 2. Cartogram «Rural population of Belarus over the age 60» (by rayon, in percent of the total population, 2015), created in a conventional graduated scale

Больше графических возможностей для дифференциации картографируемого показателя по территориальным единицам дает другое картографическое изображение на плоскости – блок-диаграмма. При ее построении интенсивность явления передается уже не насыщенностью цвета, а высотой столбика, которая пропорциональна интенсивности явления, например 1 мм – 1 %. Столбики блок-диаграммы будут иметь форму административных районов.

Блок-диаграмму можно построить в условной шкале, и она будет являться объемным аналогом картограммы (рис. 3).

Современное программное обеспечение позволяет строить в автоматическом режиме блок-диаграммы в абсолютной непрерывной шкале (рис. 4), что существенно улучшает информативность и наглядность картографического изображения. В этом случае диаграммный столбик для каждого из 118 районов будет иметь свою высоту, пропорциональную интенсивности картографируемого явления, при этом не будут затушевываться различия между районами и будет возможно определить количественный показатель для каждого из них.

Блок-диаграммы в электронной среде строятся как 3D-модели. Развитие современных технологий печати позволяет напечатать блок-диаграмму на 3D-принтере. Полученная при этом 3D-модель представляет собой качественно новый уровень визуализации картографического изображения в аналоговой форме – объемную блок-диаграмму, которая обладает существенно лучшей информативностью и наглядностью по сравнению с традиционной картограммой.

Методика и интерпретация 3D-картографирования демографического старения Беларуси. Повсеместное внедрение цифровых технологий в картографическое производство ознаменовало начало нового этапа в развитии картографии, ключевой особенностью которого является появление таких отраслей, как мобильная, трехмерная, мультимедийная и анимационная картография. Идея ото-

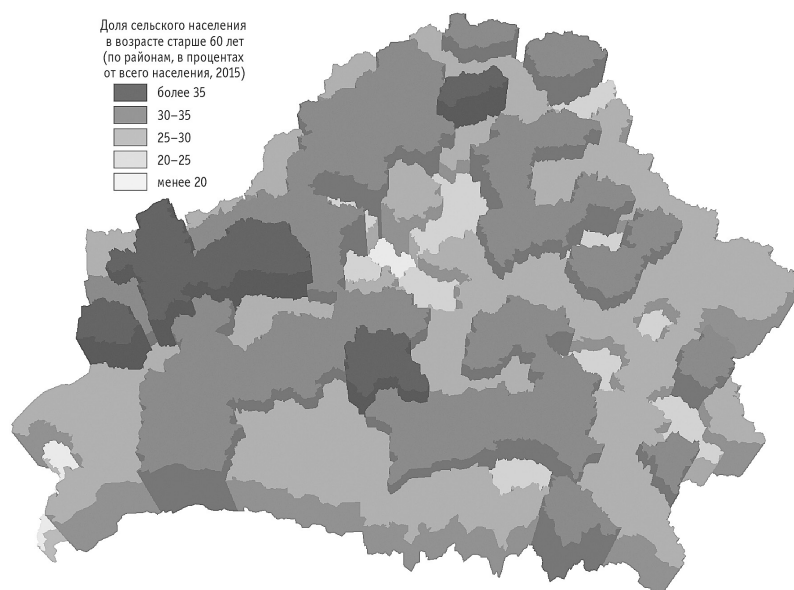


Рис. 3. Блок-диаграмма «Сельское население Беларуси в возрасте старше 60 лет» (%), 2015 г.), построенная в условной ступенчатой шкале

Fig. 3. Block diagram «Rural population of Belarus over the age 60» (%), 2015), created in a conventional graduated scale

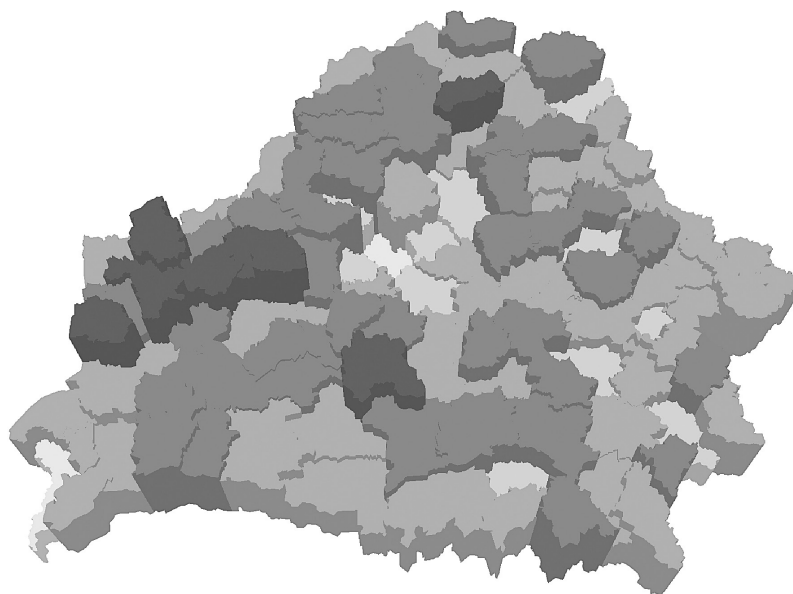


Рис. 4. Блок-диаграмма «Сельское население Беларуси в возрасте старше 60 лет» (%), 2015 г.), построенная в абсолютной непрерывной шкале (для наглядности окраска районов выполнена в соответствии со ступенчатой шкалой, представленной на рис. 3)

Fig. 4. Block diagram «Rural population of Belarus over the age 60» (%), 2015), created in an absolute non-graduated scale

(the coloring of the districts was created in accordance with the graduated showing in fig. 3, for clarity)

бражения поверхности Земли в виде объемных моделей не нова, и натурные модели местности прочно вошли в практику стратегического планирования военных операций, архитектуры, изобразительного искусства. Рельефные карты нашли свое применение в образовательном процессе (изучение естественно-научных дисциплин). Толчком к бурному развитию 3D-картографии стало, во-первых, появление высокопроизводительных аппаратных платформ, во-вторых, появление геоинформационных систем, что обеспечило возможности хранения, обработки и визуализации трехмерных данных.

Собственно, визуализация, или представление трехмерной модели, является наиболее сложной задачей при создании трехмерных карт. При создании объемных моделей рельефа в доцифровую эпоху применялись различные способы и материалы. Так, наиболее простым способом отображения рельефа является ступенчатое моделирование с использованием картонных фрагментов, соответствующих

фигурам горизонталей на топографической карте. Такие модели можно усовершенствовать, нанося на их поверхность гипс или глину, что позволит добиться более естественного отображения. Основным недостатком таких моделей – трудоемкость их изготовления, поэтому для массового производства рельефных моделей применяется способ термовакуумного формования. Он состоит в придании карте рельефной формы путем нанесения ее на пластиковую основу, которой под воздействием температуры придается форма исходной формы-основы.

Способ термовакуумного формования позволяет производить рельефные карты в больших количествах, и главной сложностью здесь является создание рельефной формы-основы, которая раньше создавалась вручную из гипса, дерева или пластика, а сегодня для ее изготовления применяются трехкоординатные фрезероальные станки и трехмерные цифровые модели, выполненные в различных ГИС- и САПР-приложениях. При использовании данного способа производственный процесс состоит из четырех этапов:

- создание трехмерной модели;
- изготовление рельефной формы-основы;
- печать карты на пластике;
- термовакуумное формование пластика с напечатанной на нем картой.

Данную производственную цепочку возможно сократить с использованием технологий 3D-печати: убрать этап изготовления рельефной формы-основы и сразу передавать модель в производство.

Технология трехмерной печати зародилась в середине XX в., тогда же были выпущены первые 3D-принтеры. На сегодня существуют различные технологии 3D-печати. Технология стереолитографии (STL) позволяет выращивать смоделированный на компьютере трехмерный объект из жидкой фотополимеризующейся композиции (ФПК), нанося ее слой за слоем на подвижную платформу, погружаемую в ванну с ФПК. Данный способ хорошо зарекомендовал себя для создания рельефных карт [23]. Объемные модели из послойного листового материала (LOM) формируются, например, из пленок, полиэстера, пластика, бумаги и т. д., слои скрепляются между собой при помощи разогретого валика. Модель при помощи LOM-принтера может быть воссоздана за несколько часов, но получается шероховатой, и удалить лишний материал с ее поверхности сложно из-за риска расслоения. Технология *FDM (Fused Deposition Modeling)* – моделирование методом наплавления) – это нанесение слоев расплавленного пластика, повторяющих контуры цифровой модели печатающей головкой принтера. В качестве материалов для печати выступают термопластики, например *PLA* или *ABS* пластики, поставляемые в виде катушек нитей или прутков. Технология *FDM* – одна из наиболее дешевых в трехмерной печати.

На данный момент помимо достоинств трехмерная печать имеет и ряд недостатков. В частности, ограничена палитра используемых цветов: на большинстве принтеров при печати доступно от одного до трех цветов (в зависимости от используемого при печати материала). Помимо этого, на современном уровне развития потребительских 3D-принтеров скорость создания моделей остается недостаточно высокой. Также стоит отметить, что создание трехмерных моделей требует специализированных умений и навыков, недоступных рядовому пользователю.

Сегодня основным и, пожалуй, единственным способом применения технологий создания трехмерных карт, будь то 3D-печать или цифровые модели, остается моделирование земной поверхности, в частности рельефа. Источником данных здесь являются чаще всего топографические карты, однако все чаще используются высокоточные системы лазерного сканирования (*LIDAR*), которые открывают возможности для полной реализации потенциала 3D-печати [24].

В данном исследовании нами была разработана трехмерная модель Республики Беларусь на уровне административных районов, наглядно демонстрирующая долю сельского населения старше 60 лет, которая впервые отражает пространственно-определенную информацию, в частности социально-демографические показатели, в виде трехмерной карты. Модель выполнена в виде объемной блок-диаграммы и построена в абсолютной шкале, что позволяет с ранее недостижимой точностью показать различия в неравномерности старения сельского населения нашей страны.

Теоретически выделяется три этапа производства модели: сбор и подготовка исходных данных; непосредственно моделирование; производство готовой модели на 3D-принтере.

Этап сбора и подготовки данных заключается в получении и систематизации статистической информации по демографическим показателям из административных районов республики и загрузке данных в среду моделирования – ГИС *ArcGIS ArcScene 10.5*. В качестве исходных данных геометрии нами был применен слой административных границ *OpenStreetMap* на территорию республики, данные по возрастному составу населения были взяты из «Демографического ежегодника Республики Беларусь» [18].

В соответствии с полученными данными было заполнено соответствующее поле атрибутивной таблицы для слоя административных районов и сформирована 3D-сцена.

Построение модели осуществляется в трех программных продуктах – *ArcGIS ArcScene 10.5*, *Microsoft 3D Builder* и *Cura*. Моделирование производится в ГИС *ArcScene* – это программное обеспечение (ПО)

визуализирует геоданные и проводит их первичную обработку. Функционал символизации *ArcScene* позволяет задавать параметры трехмерного отображения моделей в зависимости от значений атрибутивных полей. Для увеличения изобразительных свойств модели и ее наглядности процентные показатели старения населения для административных районов были увеличены в 4000 раз, а базовые высоты в целях сокращения материалоемкости модели были опущены до значения –50 000. Результатом стала модель республики, изображенная на рис. 5.

После создания модели производится ее экспорт в формат *VRML* (англ. *Virtual Reality Modeling Language* – язык моделирования виртуальной реальности) – стандартизированный формат файлов для демонстрации трехмерной интерактивной векторной графики. Для задания параметров масштаба печати модели используется приложение *Microsoft 3D Builder*. С его помощью можно изменять размеры модели, ее окраску, создавать новые объекты. Данное ПО включено в стандартный пакет приложений *Windows 10*, что делает его доступным инструментом для работы с трехмерными объектами (рис. 6).

Полученная в *ArcScene* модель не является масштабной, так как координаты узловых точек и ребер соответствуют принятой в ГИС системе координат, а именно WGS-84 – N35 Zone, и, соответственно, даны в метрах, поэтому при печати необходимо вводить масштабный коэффициент для возможности размещения модели на рабочей поверхности принтера. При первичном импорте модели в среду моделирования необходимо указать единицы измерения – микрометры, а затем разместить модель в рабочей области программы.

После этого выполняется операция масштабирования либо с фактическим размером модели в выбранных единицах измерения, либо с процентным отношением. В целях использования всей возможной области построения принтера – 275 × 265 × 240 мм – для максимального диаметра модели (расстояние с запада на восток) было установлено значение при печати 275 мм, что примерно соответствует масштабу 1 : 2 340 000. Далее производится экспорт в формат твердотельной модели (.stl), а затем – в программу для принтера, по которой он будет послойно печатать модель.

Производство (печать модели) проходит в два этапа. Так как целостная модель является достаточно объемным файлом, производится операция слайсинга – разрезание модели на слои и их преобразование в управляющий код принтера. Второй этап – собственно загрузка модели в виде управляющего кода в принтер и ее печать. Операция слайсинга проводилась с использованием программного пакета *Cura*.

Материал печати при выполнении данной работы – одноцветная пластиковая *ABS*-нить. Печать многоцветных моделей возможна, однако тогда процесс занимает значительно большее время. При печати модели использовался принтер *3D Systems CubeX* с технологией струйной печати *FDM*. Точность печати составляет ±1 % для моделей с габаритами более 50 мм, размер области построения – 275 × 265 × 240 мм, толщина печатного слоя – 0,1 мм [25].

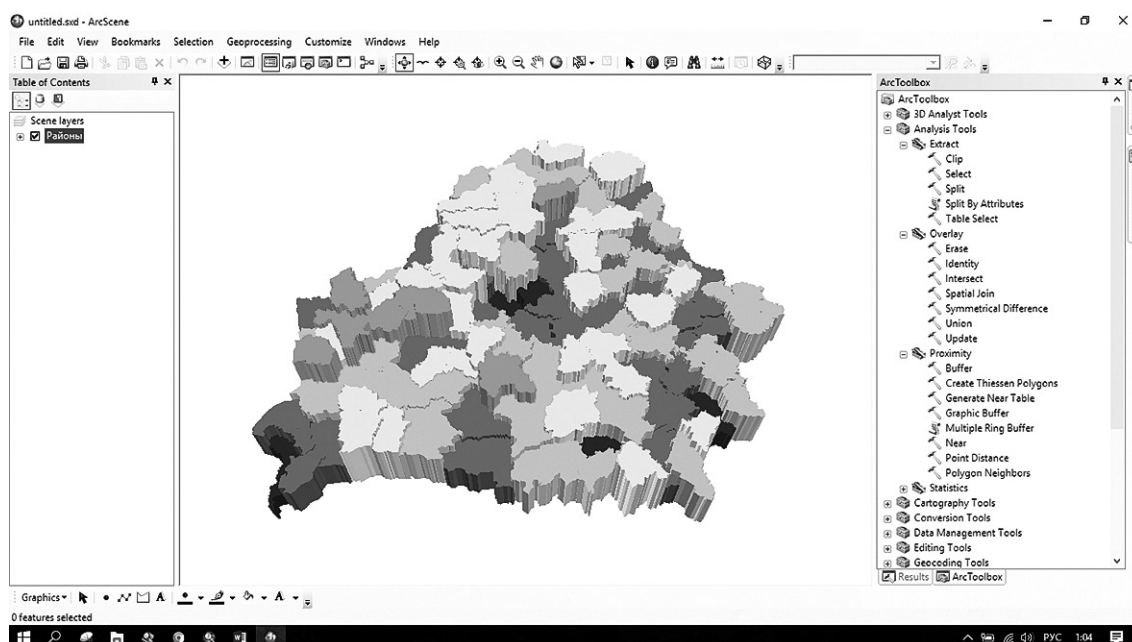


Рис. 5. Модель, отражающая долю сельского населения Республики Беларусь старше 60 лет, выполненная в программном продукте *ArcGIS ArcScene 10.5*

Fig. 5. The model of demographic ageing in the Republic of Belarus, carried out in the software product *ArcGIS ArcScene 10.5*

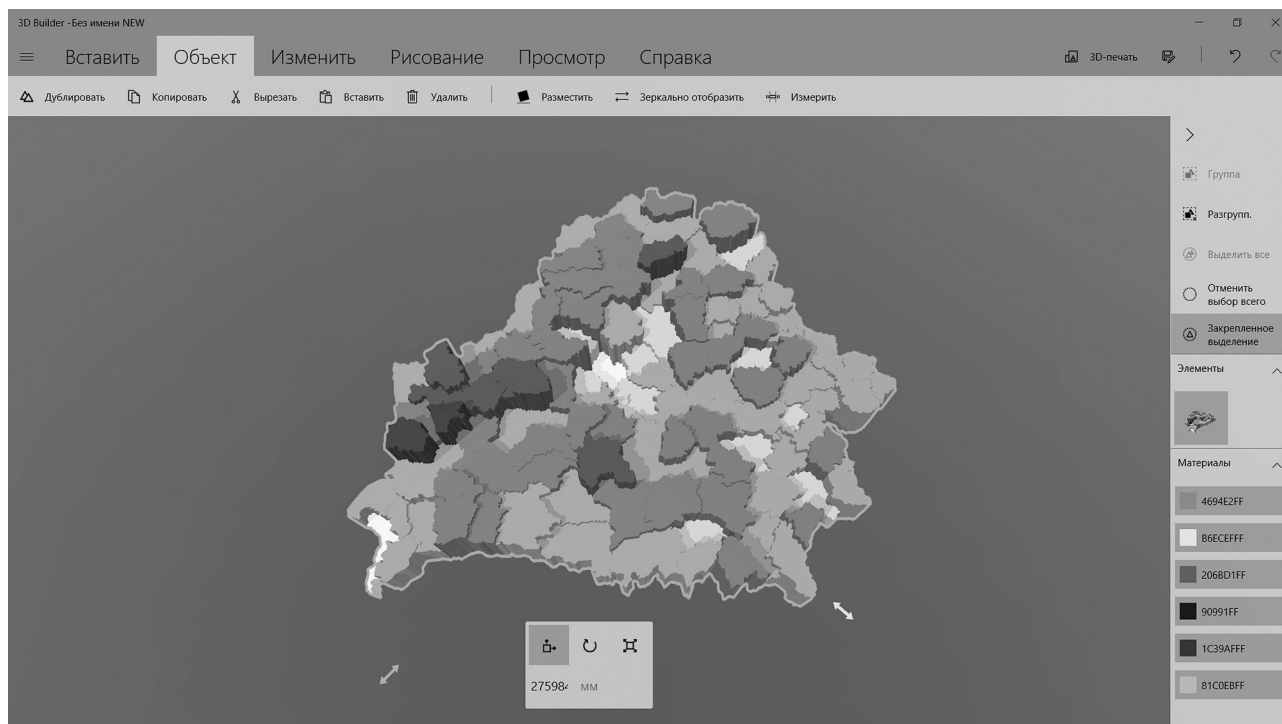


Рис. 6. Модель, отражающая долю сельского населения Республики Беларусь старше 60 лет, выполненная в программном продукте *Microsoft 3D Builder*

Fig. 6. The model of demographic ageing in the Republic of Belarus, carried out in the software product *Microsoft 3D Builder*

Основным достоинством полученной модели являются ее изобразительные качества. Нам удалось отобразить картографируемый показатель на качественно новом уровне – горизонтальный масштаб модели составляет 1 : 2 340 000. Масштаб градуированной шкалы – 1 : 1, т. е. в 1 мм – 1 %. Использование технологий трехмерного моделирования и трехмерной печати позволило сохранить форму границ районов в заданном масштабе, что было недостижимо в картографическом производстве ранее, когда модели изготавливались термовакuumным способом (рис. 7).

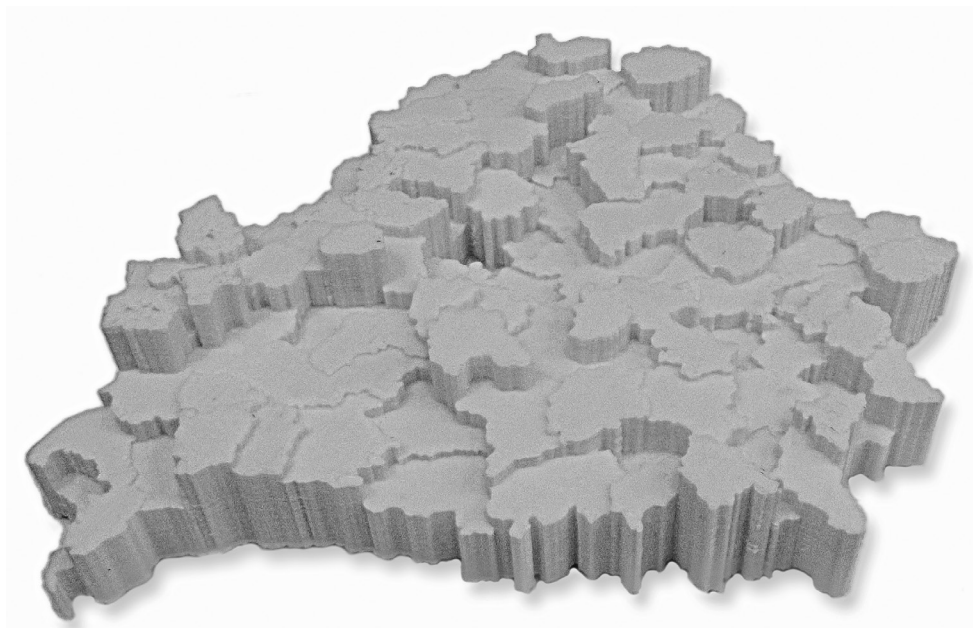


Рис. 7. Финальный продукт 3D-картографического производства – фотография 3D-модели, отражающей долю сельского населения Республики Беларусь старше 60 лет

Fig. 7. The final product of 3D cartographic production – photo of the 3D model of demographic ageing in the Republic of Belarus

Заклучение

Таким образом, картографирование демографического старения выполняется на основе количественных показателей по данным переписей населения и текущего статистического учета демографических событий. Для визуализации данных демографического старения используются преимущественно картограммы, объемные блок-диаграммы, реже – псевдоизолинии. Наибольшей информативностью и наглядностью обладают объемные блок-диаграммы, построенные как 3D-модели и позволяющие получить завершённый географический и пространственный образ демографического старения в Республике Беларусь. Подобная 3D-модель выполнена для Беларуси впервые в абсолютной шкале, что, в отличие от существующих методик, позволяет с ранее недостижимой точностью отобразить полимасштабную дифференциацию старения сельского населения страны. Методика разработки данного 3D-картографического продукта может применяться при построении моделей других социально-экономических явлений.

Библиографические ссылки

1. Антупова Е. А., Трифонова З. А. Региональные различия масштабов демографического старения Беларуси и России // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 1. С. 36–49.
2. Анціпава К. А., Жмайдык Р. А., Таназ А. А. Насельніцтва Рэспублікі Беларусь. Минск : РУП «Белкартографія», 2012. 3,12 п. л.
3. Antipova E., Fakeyeva L., Karobkin A. GIS mapping in the geodemographic studies (Case study of the Republic of Belarus) // Hungarian Geographical Bull. 2012. Vol. 61, № 3. P. 219–236.
4. Антупова Е. А. Республика Беларусь. Население. Сельское расселение. Минск : РУП «Белкартографія», 2013. 4,14 п. л.
5. Антупова Е. А. Динамика численности населения // Географический атлас учителя. Минск : РУП «Белкартографія», 2016. С. 89.
6. Баженова Е. А. Атласная информационная система социальной тематики Южного федерального округа РФ : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. М., 2009.
7. Кислова В. А. Структура и содержание блока «Социально-демографическое картографирование» для обеспечения дистанционного образования : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. М., 2010.
8. Чуклова О. Ю. Геоинформационная система анализа социально-экономических связей России и Украины (на примере миграционных потоков в приграничье) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. М., 2011.
9. Игонин А. И. Создание справочно-аналитической геоинформационной системы мониторинга демографического развития Европы и Азиатской части России : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. М., 2012.
10. Тимонин С. А. Атласная демографическая информационная система России : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. М., 2013.
11. Тимонин С. А., Михайлов Д. И. Геодемографическая информационная система России: архитектура и информационное обеспечение // Геодезия и картография. 2015. № 12. С. 41–49.
12. Тимонин С. А., Тикунова И. Н., Штроבל Й. Математико-картографическое моделирование межрегиональных миграционных потоков в России // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер.: Науки о Земле. 2014. Т. 8. С. 133–144.
13. Белозеров В. С., Панин А. Н., Тикунов В. С. Атласная информационная система для изучения этнодемографических процессов в Ставропольском крае // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 2008. № 1. С. 39–44.
14. Панин А. Н. Атласная информационная система «Этнодемографические процессы в Ставропольском крае» : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. Ставрополь, 2005.
15. Маслиев Р. О. Геоинформационный мониторинг миграционных процессов в Ставропольском крае : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. Ставрополь, 2006.
16. Раужин И. Г. Полимасштабный мониторинг демографических процессов в России с использованием геоинформационных технологий : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. Ставрополь, 2012.
17. Антупова Е. А. Опыт использования ГИС-технологий в географии населения // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2007. № 2. С. 87–93.
18. Демографический ежегодник Республики Беларусь : стат. сб. / редкол.: И. В. Медведева. Минск, 2016.
19. Антупова Е. А. Региональные особенности демографического развития Республики Беларусь // Состояние и перспективы демографического развития Республики Беларусь / под общ. ред. Т. Н. Мироновой, С. В. Рязанцева. Минск : В.И.З.А. Групп, 2017. С. 100–122.
20. Жмойдык Р. А. Социально-экономическая картография [Электронный ресурс]. Минск : БГУ, 2011. URL: <http://www.elib.bsu.by> (дата обращения: 02.02.2018).
21. Етеев О. А. Проектирование и составление социально-экономических карт. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999.
22. Салищев К. А. Картоведение. 3-е изд., доп. и перераб. М. : Изд-во МГУ, 1990.
23. Панченко В., Майоров В., Хорошев М. Лазерная стереолитография – создание рельефных карт по фотограмметрическим данным зондирования Земли // Фотоника. 2009. № 1. С. 16–20.
24. Godwin A. Hello, this is London rising [Electronic resource]. URL: <http://www.aeracode.org/2016/05/16/hello-london-rising/> (дата обращения: 02.02.2018).
25. CubeX / 3D Systems Inc [Electronic resource]. URL: www.3dsystems.com (дата обращения: 02.02.2018).

References

1. Antipova E. A., Trifonova Z. A. Regional differences in the scale of the demographic aging of Belarus and Russia. *J. Belarus. State Univ. Geogr. Geol.* 2017. No. 1. P. 36–49 (in Russ.).
2. Antipova E. A., Zhmojdjak R. A., Topaz A. A. *Nasel'nictva Rjespubliki Belarus'*. Minsk : RUP «Belkartografiya», 2012. 3,12 p. 1. (in Russ.).
3. Antipova E., Fakeyeva L., Karobkin A. GIS mapping in the geodemographic studies (Case study of the Republic of Belarus). *Hungarian geographical bulletin.* 2012. Vol. 61, No. 3. P. 219–236.
4. Antipova E. A. *Respublika Belarus'. Naselenie. Sel'skoe rasselenie.* Minsk : RUP «Belkartografiya», 2013. 4,14 p. 1. (in Russ.).
5. Antipova E. A. Dinamika chislennosti naseleniya. In: *Geograficheskij Atlas uchitelja.* Minsk : RUP «Belkartografiya», 2016. P. 89 (in Russ.).
6. Bazhenova E. A. *Atlasnaya informacionnaya sistema social'noj tematiki Yuzhnogo federal'nogo okruga RF* : diss. abstr. ... PhD (geogr.) : 25.00.33. Moscow, 2009 (in Russ.).
7. Kislova V. A. *Struktura i sodержanie bloka «Social'no-demograficheskoe kartografirovaniye» dlya obespecheniya distantsionnogo obrazovaniya* : diss. abstr. ... PhD (geogr.) : 25.00.33. Moscow, 2010 (in Russ.).
8. Chuklova O. Yu. *Geoinformacionnaya sistema analiza social'no-ekonomicheskikh svyazey Rossii i Ukrainy (na primere migracionnykh potokov v prigranich'ye)* : diss. abstr. ... PhD (geogr.) : 25.00.33. Moscow, 2011 (in Russ.).
9. Igonin A. I. *Sozdanie spravochno-analiticheskoi geoinformacionnoi sistemy monitoringa demograficheskogo razvitiya Evropy i Aziatskoi chasti Rossii* : thesis of diss. ... PhD (geogr.) : 25.00.33. Moscow, 2012 (in Russ.).
10. Timonin S. A. *Atlasnaya demograficheskaya informacionnaya sistema Rossii* : thesis of diss. ... PhD (geogr.) : 25.00.33. Moscow, 2013 (in Russ.).
11. Timonin S. A., Mihailov D. I. *Geodemograficheskaya informacionnaya sistema Rossii: arkhitektura i informatsionnoe obespechenie.* *Geodesy and Cartography.* 2015. No. 12. P. 41–49 (in Russ.).
12. Timonin S. A., Tikunova I. N., Shtrobl J. *Mathematic and cartographic modeling of interregional migration flows in Russia.* *Izv. Irkutskogo gos. univ. Ser.: Earth Sciences.* 2014. Vol. 8. P. 133–144 (in Russ.).
13. Belozеров V. S., Panin A. N., Tikunov V. S. *Atlas Information System for Studying Ethno-Demographic Processes in the Stavropol Territory.* *Vestnik Mosk. univ. Ser. 5, Geografiya.* 2008. No. 1. P. 39–44 (in Russ.).
14. Panin A. N. *Atlasnaya informacionnaya sistema «Etnodemograficheskie protsessy v Stavropol'skom krae»* : thesis of diss. ... PhD (geogr.) : 25.00.33. Stavropol', 2005 (in Russ.).
15. Masliev R. O. *Geoinformatsionnyi monitoring migracionnykh protsessov v Stavropol'skom krae* : diss. abstr. ... PhD (geogr.) : 25.00.33. Stavropol', 2006 (in Russ.).
16. Rauzhin I. G. *Polimasshtabnyi monitoring demograficheskikh protsessov v Rossii s ispol'zovaniem geoinformatsionnykh tekhnologii* : thesis of diss. ... PhD (geogr.) : 25.00.33. Stavropol', 2012 (in Russ.).
17. Antipova E. A. Experience in the use of GIS technologies in the population geography. *Vestnik BSU. Ser. 2, Himiya. Biologiya. Geografiya.* 2007. No. 2. P. 87–93 (in Russ.).
18. Medvedeva I. V., Kangro I. S., Vasilevskaja Zh. N., et al. (eds). *Demograficheskii ezhegodnik Respubliki Belarus'* : statistical digest. Minsk, 2016 (in Russ.).
19. Antipova E. A. Regional'nye osobennosti demograficheskogo razvitiya Respubliki Belarus'. In: Mironova T. N., Rjazancev S. V. (eds). *Sostoyanie i perspektivy demograficheskogo razvitiya Respubliki Belarus'*. Minsk, 2017. P. 100–122 (in Russ.).
20. Zhmojdyak R. A. *Social'no-ekonomicheskaya kartografiya* [Electronic resource]. Minsk : BSU, 2011. URL: <http://www.elib.bsu.by> (date of access: 02.02.2018) (in Russ.).
21. Evteev O. A. *Proektirovaniye i sostavleniye social'no-ekonomicheskikh kart.* M. : Publ. house of MSU, 1999 (in Russ.).
22. Salishhev K. A. *Kartovedeniye.* M. : Publ. house of MSU, 1990 (in Russ.).
23. Panchenko V., Majorov V., Horoshev M. [Laser stereolithography – creation of relief maps from photogrammetric Earth sounding data. *Photonics.* 2009. No. 1. P. 16–20 (in Russ.).
24. Godwin A. Hello, this is London rising. URL: <http://www.aeracode.org/2016/05/16/hello-london-rising/> (date of access: 02.02.2018).
25. CubeX / 3D Systems Inc. [Electronic resource]. URL: www.3dsystems.com (date of access: 02.02.2018).

Статья поступила в редакцию 29.01.2018.
Received by editorial board 29.01.2018.