

КАРТЫ И ГИС В ГЕОГРАФИИ MAPS AND GIS IN GEOGRAPHY

УДК 913:910.1

А. С. Соколов

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Беларусь
Псковский государственный университет, г. Псков, Россия
E-mail: alsokol@tut.by

МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭТНИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОРУССИИ)

В статье представлена методология исследования этнического пространства и его пространственной дифференциации с помощью методов математического и картографического моделирования. Описаны методы изучения компонентов вертикальной и горизонтальной структуры этнического пространства. Определены характеристики пространственного распространения этнических групп на территории Белоруссии, а также этнической неоднородности населения в целом. Рассчитаны статистические показатели связи между распространением различных этнических групп.

Ключевые слова: этническое пространство, национальный состав, этническая неоднородность, население, этногеография, математико-картографические методы.

Для цитирования: Соколов А. С. Математико-картографические методы оценки этнической неоднородности (на примере Белоруссии) // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2025. Т. 18. № 1. С. 53–75.

A. S. Sokolov

F. Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus
Pskov State University, Pskov, Russia
E-mail: alsokol@tut.by

MATHEMATIC AND CARTOGRAPHIC METHODS OF ETHNIC HETEROGENEITY ASSESSMENT (ON THE EXAMPLE OF BELARUS)

The article presents a methodology for studying ethnic space and its spatial differentiation using methods of mathematical and cartographic modeling. Methods for studying the components of the vertical and horizontal structure of ethnic space are described. The characteristics of the spatial distribution of ethnic groups on the territory of Belarus, as well as the ethnic heterogeneity of the population as a whole, are determined. Indicators of the statistical relationship between the distribution of different ethnic groups are calculated.

Keywords: *ethnic space, national composition, ethnic heterogeneity, population, ethnogeography, mathematical and cartographic methods.*

For citation: Sokolov A. S. (2025), Mathematic and cartographic methods of ethnic heterogeneity assessment (on the example of Belarus), *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin of the Pskov State University. Series “Natural and physical and mathematical sciences”], vol. 18, no. 1, pp. 53–75. (In Russ.).

Введение. Объекты исследований социально-экономической географии представляют собой сложные территориальные системы, состоящие с одной стороны из иерархически упорядоченных территориальных подсистем различного порядка, а с другой — из компонентов, представляющих собой социальные и экономические явления, включающие множество элементов. Изучение таких систем как совокупности их составляющих и связей между ними в рамках системно-структурной парадигмы может осуществляться лишь с помощью привлечения математического аппарата и методов моделирования. Аналитико-синтетический метод их исследования предполагает процесс последовательной декомпозиции системы на всё более мелкие структурные единицы вплоть до уровня, определяемого задачами исследования, и определение их параметров, а затем их синтез, позволяющий получить новую информацию о свойствах и характеристиках всей системы, установить её существенные свойства, отношения, закономерности развития и пространственной динамики, связи внутри системы и с внешней средой.

Такой подход целесообразно применять и для изучения этнического пространства как одной из подсистем этнокультурного пространства (наряду с лингвистическим и конфессиональным пространством), в свою очередь являющегося подсистемой геокультурного пространства [16]. Таким образом, под этническим пространством мы понимаем системно организованную территориальную совокупность населения различных этнических категорий, характеризующуюся наличием межэтнических контактов, полиструктурностью, динамичностью развития, взаимодействием с другими компонентами географической среды.

Целью исследования является оценка неоднородности этнического пространства Белоруссии на основе системы математико-картографических методов, характеризующих как особенности локализации отдельных этнических групп на территории, так и показатели этнической гетерогенности населения в целом, а также их пространственную изменчивость.

Исходные предпосылки. Вопросам локализации этнических групп в пространстве административно-территориальных границ посвящено большое количество научных исследований [4; 19; 20 и др.]. Однако на сегодняшний день практически отсутствуют исследования, посвящённые региональной дифференциации распространения этнических групп в Белоруссии и её этнической неоднородности, особенно на уровне административных районов. Отдельные аспекты данного вопроса рассматриваются в работах Г. И. Касперович [9], А. Л. Киндеева [10], А. Г. Манакова

[14; 15], А. Г. Манакова с соавт. [18], Е. Н. Обуховой [1], А. С. Соколова [27] и др. В связи с этим актуальной задачей является оценка структуры, гетерогенности и пространственно-временной динамики этнического пространства Белоруссии на основе синтеза его различных характеристик. Методологической основой таких исследований должна являться концептуальная модель этнического пространства и связанная с ней система взаимодополняющих методов её описания, основой которой являются методы математического и картографического моделирования.

Материалы и методика исследования. Информационной базой исследования являются результаты переписей населения Белоруссии 2009 и 2019 гг., отражающие этнический состав административных районов, городов областного подчинения и г. Минска [8]. При этом данные для городов областного подчинения были объединены с данными для соответствующих им районов для корректности территориального анализа и его картографического отображения. Объектом исследования стали 17 этнических групп, данные по которым доступны в результатах переписи. За исключением оговоренных случаев, расчёты проводились на основе данных 2019 г.

Поскольку моделирование, в т. ч. математическое и картографическое, представляет собой метод теоретического уровня научного исследования, то основные подходы к созданию моделей в различных науках являются одинаковыми или по крайней мере очень сходными, а сами математические модели проявляют свойство универсальности (т. е. применимостью одной и той же математической модели к принципиально различным реальным явлениям), а также всегда представляют собой тут или иную степень абстрагирования и идеализации. Поэтому для моделирования этнического пространства возможно использование математических методов, применяемых в смежных разделах социально-экономической географии, физической географии и других естественных и общественных науках. Применение законов физики и других естественных наук для моделирования социально-экономических систем и описания их преимущественно нелинейных и стохастических процессов и явлений представляет собой группу методов, получивших название методов социальной физики (социофизики) [11; 26]. Известны примеры их использования в этногеографии [35].

В структуре этнического пространства можно выделить две составляющие, для каждой из которых может быть оценена её гетерогенность:

– вертикальная структура, компонентами которой и объектами оценки являются этнические сообщества и неравномерность их размещения по определённой территории;

– горизонтальная (территориальная) структура, компонентами которой и объектами оценки являются территориальные единицы различных иерархических рангов и неоднородность их этнического состава, формирующая этническую гетерогенность (этническую мозаичность, этническую пестроту) всей территории.

Для оценки неоднородности вертикальной структуры этнического пространства можно предложить следующие показатели:

– коэффициент этнической локализации [7] (коэффициент этнической концентрации [6; 10]) K_c , рассчитываемый как отношение доли населения определённой национальности в регионе к доле населения соответствующей национальности на

всей территории в целом. Пороговыми значениями данного показателя, маркирующими существенные превышения или снижения концентрации этнической группы в регионе относительно среднего по всей территории (стране) значения, можно считать 0,5 и 2 (т. е. в два раза меньше и в два раза больше среднего). Также в качестве пороговых можно установить значения коэффициента 0,2 и 5 (в пять раз меньше и в пять раз больше). Данный коэффициент является базой, на основе которой можно углублять и развивать анализ особенностей этнической неоднородности;

– доля населения этнической группы, проживающего в регионах с $K_c > 2$ и $K_c > 5$ — соответственно P_2 и P_5 ;

– коэффициент вариации V показателя K_c , показывающий относительную величину разброса его значения по регионам;

– кривая нормированных значений этнической концентрации, графически отображающая нормированные значения показателя K_c по регионам в ранжированном ряду;

– кривая Лоренца, графически отображающая функцию распределения, как показатель неравенства концентраций этнических групп по регионам, в которой аккумулируются коэффициенты K_c для каждого региона. В прямоугольной системе координат кривая Лоренца является выпуклой вниз и проходит под прямой равенства — графиком линейной функции, отражающим распределение концентраций этнической группы по регионам в случае, если бы концентрации этнической группы в каждом регионе были бы абсолютно одинаковыми;

– коэффициент Джини — статистический показатель степени расслоения населения регионов по величине K_c для определённой этнической группы. Представляет собой отношение площади, образованной кривой Лоренца и прямой равенства, к площади треугольника, образованного прямой равенства и осями. Данный показатель рассчитывался нами по формуле Брауна:

$$G = \left| 1 - \sum_{k=2}^n (x_k - x_{k-1})(y_k + y_{k-1}) \right|,$$

где x_k — кумулированная доля населения регионов в ранжированном ряду; y_k — кумулированная доля суммы коэффициентов этнической концентрации по всем регионам для x_k ;

– кумулятивная мера сортированности [24]:

$$S_{x/y} = \frac{d_x}{d_y},$$

где d_x и d_y — значения явления (в %), получаемые с кумулятивной кривой (например, $x = 75$; $y = 25$ или $x = 90$; $y = 10$);

– доля регионов со значением K_c менее 0,2, менее 0,5, от 0,5 до 2, более 2 и более 5 от общего количества регионов — соответственно $N_{0,2}$, $N_{0,5}$, $N_{0,5-2}$, N_2 , N_5 ;

– среднее значение K_c по районам со значением K_c менее 0,2, менее 0,5, средняя величина превышения порогового значения K_c по районам со значением K_c более 2 и более 5 — соответственно $M_{0,2}$, $M_{0,5}$, M_2 , M_5 ;

– суммарный показатель превышения средней концентрации Z_{np} рассчитывается по формуле:

$$Z_{np} = \sum_{i=1}^n (K_{2i} - 2),$$

где K_2 — значение коэффициента этнической концентрации в регионах с $K_c > 2$; n — число регионов с $K_c > 2$. При делении данного показателя на число общее число регионов исследуемой территории вычисляется средний показатель превышения средней концентрации S_{np} ;

– суммарный показатель значений ниже средней концентрации $Z_{ниж}$ рассчитывается по формуле:

$$Z_{ниж} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{K_{0,5i}} - 2 \right),$$

где $K_{0,5}$ — значение коэффициента этнической концентрации в регионах с $K_c < 0,5$; n — число регионов с $K_c < 2$. При $K_c < 0,05$, он принимается равным 0,05. При делении данного показателя на общее число регионов исследуемой территории вычисляется средний показатель значений ниже средней концентрации $S_{ниж}$;

– суммарный показатель отклонений от средних концентраций $Z_{откл}$ — представляет собой сумму суммарного показателя превышения средней концентрации и суммарного показателя значений ниже средней концентрации. При делении данного показателя на число общее число регионов исследуемой территории вычисляется средний показатель отклонений от средних концентраций $S_{откл}$;

– индекс территориальной концентрации K_t представляет собой сумму положительных разностей между долями регионов в общей численности населения всей территории и долей соответствующих регионов в общей численности этнической группы данной территории;

– глобальный индекс Морана MI — мера пространственной автокорреляции значений K_c , показывающая, имеется ли пространственная закономерность в распределении K_c по регионам (т. е. обнаруживают ли регионы с повышенным или пониженным значением показателя тенденцию к кластеризации или дисперсии) или он распределен в пространстве случайно, а также тесноту и направление пространственной взаимосвязи;

– локальные индексы Морана $LISA$ рассчитываются для каждого региона по величине коэффициента K_c в данном регионе и соседних с ним регионах и определяет, является ли каждый элемент данных статистически значимым с точки зрения пространственной связи с соседними элементами, что позволяет выявить конкретный состав кластеров регионом с повышенными и пониженными значениями показателя;

– географические координаты точек геостатистических центров пространственного распространения этнической группы. Применение центрографического метода для анализа территориального распределения этносов позволяет строить центрограммы — карты, отображающие такие точки для различных этносов и различных моментов времени, рассчитывать величины и скорости смещения центров за различные временные периоды, характеризующие пространственно-временную динамику распространения этносов, выявлять особенности взаимного расположения центров

расселения этнических групп, их взаимосвязи и взаимозависимости. Для расчёта координат геостатистических центров («центров тяжести» географических явлений) используется метод нахождения центра тяжести, заимствованный из механики. Данный метод позволяет сводить обширные массивы информации о распределении явлений по всей территории к одной условной точке — центру, оценить стабильность или нестабильность расселения этноса на территории, определить вектор смещения центра той или иной этнической группы за межпереписные периоды [23], существенно облегчает рассмотрение статистических и картографических данных, делает их достаточно наглядными, выразительными и обзорными [28].

Кроме вычисления координат центра расселения этнической группы возможно определение различных показателей центрированности (рассеяния), дисцентриситета, скошенности, вступающих в действие уже после того, как найдены сами центры [24].

Абсолютная центрированность вычисляется по формуле:

$$R_k = \sum_{i=1}^n \frac{p_i r_{ic}}{P},$$

где p_i — численность этнической группы в i -ой территориальной единице; r_{ic} — расстояние между центроидом i -ой территориальной единицы и центром расселённости этнической группы; P — общая численность этнической группы.

Относительная центрированность (индекс территориальной компактности) рассчитывается как отношение R_k к приведённому радиусу всей территории, т. е. радиусу круга, имеющего такую же площадь, как и данная территория. Относительную центрированность необходимо вычислять при сравнении пространственного рассеяния явления на различных территориях. Дисцентриситет представляет собой расстояние между центром распространения явления и геометрическим центром (центроидом) территории. Его относительный показатель — территориальная скошенность, рассчитываемая как отношение дисцентриситета к приведённому радиусу. Дисцентриситет и скошенность могут рассчитываться, кроме геометрического центра, для геостатистического центра любого другого явления.

Степень концентрации явления также можно рассчитать через величину стандартного отклонения по формуле:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum p_i ((l_i - L)^2 + (d_i - D)^2)}{\sum p_i}},$$

где L и D — широта и долгота центра тяжести явления; l_i и d_i — широта и долгота i -ой точки, к которой приведено численное значения явления в территориальной единице (например, центра административного района); p_i — численные значения явления в i -ой территориальной единице.

Рассчитанное значение δ представляет собой радиус центрированности в градусах, которую можно отобразить на карте в виде окружности (точнее, эллипса, так как необходимо перевести значения в градусах в значения в линейных величинах, а

длины 1° широты и долготы различаются). Такой эллипс рассеяния наглядно показывает насколько явление рассеяно или сконцентрировано вокруг своего центра [12].

Для оценки неоднородности горизонтальной структуры этнического пространства можно применить:

– индекс этнической мозаичности Б. М. Эккеля (ИЭМ), представляющий собой этническую интерпретацию широко известного в биологии индекса доминирования Симпсона D . Поскольку по мере увеличения D выравнивание объёма групп уменьшается, он часто используется в форме $(1 - D)$ или $1 / D$:

$$\text{ИЭМ} = 1 - \sum_{i=1}^n (p_i)^2,$$

где n — количество этнических групп в регионе; p_i — удельный вес i -ой этнической группы в населении региона.

Данный показатель является весьма чувствительным индикатором доминирования одной или нескольких групп и практически не зависит от групп, имеющих небольшие доли [25]. Также существуют большое количество сходных с ИЭМ показателей, учитывающих степень социокультурной дистанции между этническими группами, которую не отражает ИЭМ, однако она является важной характеристикой этнической структуры (как и в биологии, где на основе D разрабатываются индексы, учитывающие филогенетическое сходство видов), а также уточняющих вклад отдельных факторов в общую этническую гетерогенность. В биологической науке разработано большое количество индексов, оценивающих различные аспекты разнообразия сообществ [3; 13; 21; 34 и др.], которые при корректной интерпретации содержательного смысла могут быть применены и для оценки этнического разнообразия;

– информационная энтропия, известная в биологии как индекс разнообразия Шеннона H :

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_a p_i,$$

где n — число групп; p_i — вероятность появления дискретного события (в практических вычислениях вероятности p_i заменяются частотами распределений); a — основание логарифма, выбранное для оценки величины энтропии, обычно равно 2 или числу e (если в качестве основания логарифма a выбрано число 2, энтропия вычисляется в битах, если число e , то в натах, в этом случае для вычисления энтропии в битах нужно разделить полученное значение на $\ln 2$) [34]. Отмечалась возможность применения данного показателя для оценки неравномерности структуры социально-экономических явлений [24]. В этнической географии данный индекс известен как этническая энтропия и его формула имеет вид [29]:

$$\text{Энт} = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_a \frac{1}{p_i}$$

В отличие от индексов, основанных на формуле дисперсии (таких, например, как рассмотренный индекс Симпсона), индекс Шеннона заметно более чувствителен к наличию групп с низким удельным весом, т. к. вклад произведений $p_i p_i$ в результат суммирования в значительно большей мере определяется абсолютной величиной p_i ,

чем $p_i \log_2 p_i$ [34]. На основе индекса Шеннона можно вычислить индекс выравненности (или относительную энтропию), который не зависит от числа групп, а отображает лишь равномерность их удельных весов; он рассчитывается как отношение вычисленного значения индекса Шеннона к максимально возможному его значению в данном сообществе, определяемому как логарифм числа составляющих его групп.

И индексы как меры дисперсии, и индексы как меры энтропии учитывают два фактора — количество групп и выравненность, основанную на относительном обилии групп и их положении в структуре доминирования. Таким образом, формальное математическое определение этнической мозаичности может быть следующим: этническая мозаичность — это количественный показатель этнической структуры населения, основанный на его предварительной декомпозиции на множество n характеристически обособленных групп и равный функционалу от двух характеристик такого разбиения — числа групп n и выборочной функции распределения $F_n(p)$ относительной численности (или иного связанного с ней параметра) по этим группам.

Ряд авторов указывает на недостатки индексов, основанных на энтропии или дисперсии, предлагая в качестве меры разнообразия использовать числа Хилла [31; 33].

К другим показателям, которые возможно применить для оценки горизонтальной структуры этнического пространства, можно отнести:

– индекс поляризации этнической структуры [2; 17], который является мерой отличия фактического распределения населения по этническим группам от бимодального, т. е. от случая, когда население региона составляют представители лишь двух этнических групп с равной численностью:

$$P_j = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{0,5 - p_i}{0,5} \right)^2 p_i;$$

- количество этнических групп с $K_c > 2$ в регионе;
- среднее значение K_c по всем этническим группам в регионе;
- среднее значение K_c по этническим группам с $K_c > 2$.

Горизонтальная структура этнического пространства имеет иерархический характер. Выделение иерархических рангов (уровней организации) носит субъективный характер и определяется целью исследования, принятым исследователем научным подходом, потенциалом информационной базы исследования и другими факторами. В качестве иерархически упорядоченных территориальных единиц могут быть приняты единицы административно-территориального деления, культурно-географического, этногеографического или другого вида районирования.

В случае, если исследуемая территория включает территориальные единицы различных рангов, то при характеристике горизонтальной структуры этнического пространства на уровне единиц более высокого ранга наряду с приведёнными выше показателями, возможно также определение параметров, характеризующих особенности варибельности показателей территориальных единиц более низкого иерархического ранга в пределах единиц более высокого ранга — максимальные, минимальные и средние значения, медиану, процентилю, дисперсию, кривые Лоренца, коэффициент Джини и другие характеристики вариационных рядов различных показателей.

Результаты анализа горизонтальной структуры позволяют проводить картографирование этнического пространства по различным параметрам, осуществлять его районирование и типизацию составляющих его территориальных единиц. Картографическое представление пространственного распространения количественных характеристик этнического пространства осуществляется, главным образом, способом картограмм и картодиаграмм. Возможность перейти от дискретного отображения показателя по районам к непрерывному даёт использование для картографирования способа псевдоизолиний, моделирующих условно-непрерывные статистические поверхности распределения явлений, имеющих на самом деле дискретное распространение. В отличие от способа изолиний, способ псевдоизолиний особенно актуален для социально-экономической географии, где дискретные явления абсолютно преобладают над континуальными. В этом случае речь идёт о географических полях, как абстрактно-математических моделях распространения в пространстве отдельных явлений, аналогах реальных физических полей. Как указывает В. А. Червяков, «*абстрактно-математическое понятие поля предполагает наличие пространства, в каждой точке которого определено численное значение некоторой величины... В таком виде объём понятия «поле» значительно расширяется. Оно охватывает уже не только природные, но и социально-экономические явления*» [32].

К положительным сторонам псевдоизолиний можно отнести высокую метричность, наглядность графо-математической абстракции территориальных распределений, позволяющая выявить основные тенденции пространственной динамики картографируемого явления [5]. Однако, следует помнить, что построенное с помощью псевдоизолиний географическое поле представляет собой абстрактную математическую модель, не отображающую реальное распределение явлений, к тому же его вид в значительной степени зависит от выбранной методики его построения (принципа создания сети точек, расстояния между точками, формы и размера ячеек геометрической сетки, способа преобразования площадных характеристик в точечные).

Для создания псевдоизолиний следует либо присвоить значение характеристик, рассчитанных для территориальных единиц (например, доля плотности или численность населения этнических групп, индекс этнической концентрации или этнической мозаичности и т. д.), точкам в геометрическом центре или «центре тяжести» этих единиц, либо интерполировать значение этих характеристик для ячеек регулярной геометрической сетки и присвоить их точкам в их центрах. Последний вариант, по нашему мнению, предпочтительнее, т. к. нивелирует влияние размера и конфигурации территориальных единиц. Для создания карт псевдоизолиний нами был применён способ «скользящего кружка» [32]: картографируемая территория покрывалась регулярной сетью перекрывающихся окружностей (таким, образом, чтобы не оставалось не перекрытых кружками территорий), в пределах которых вычислялось средневзвешенное значение картографируемого показателя на основе его значений для территориальных единиц, попавших в пределы кружка.

Кроме полей распределения явления можно создавать и модели полей, отображающих территориальные взаимодействия изучаемого явления на различных участках картографируемой территории. К таким моделям относится семейство «гравита-

ционных» моделей, основанных на их аналогии с физическим гравитационным полем. Ключевым понятием для них является понятие потенциала поля [30], характеризующего особенности тяготения в пределах поля, обусловленные различиями в пространственном размещении изучаемого явления. Наиболее известным из них является так называемый потенциал Стюарта, который имеет целью отразить интегральное взаимодействие «масс» в поле явления, т. е. интегральное взаимовлияние точек поля [24]. Значение потенциала Стюарта для каждой точки определяется по формуле:

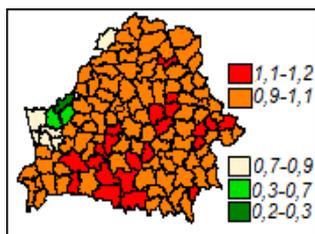
$$V_{i(p)} = \sum_{j=1}^n \frac{P_j}{r_{ij}},$$

при $i=j$, $r_{ij}=1$; где P_j — количественное значение явления P в точке j ; r_{ij} — расстояние от точки i , для которой оценивается потенциал, до точки j ; n — число точек в поле.

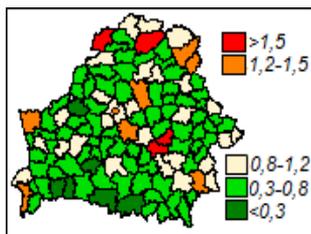
Дополнительно можно вычислить индуцированный (наведённый) потенциал, образующийся при вычитании из потенциала Стюарта так называемого «самопотенциала» каждой точки, в результате чего элиминируется влияние внутренних ресурсов точки и подчёркивается влияние внешних (индуцированных извне). Таким образом, индуцированный потенциал есть мера зависимости обособленных точек от подмножества остальных точек поля [24].

На основе моделей таких полей можно анализировать характер взаимоположения различных регионов распространения явлений, характеризующих как вертикальную (концентрации отдельных этнических групп), так и горизонтальную (меры этнической неоднородности) структуру этнического пространства, судить о взаимотяготении друг к другу их территориальных компонентов.

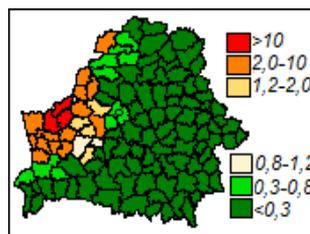
Результаты исследования. На рисунке 1 показаны картограммы коэффициента этнической концентрации 17 этнических групп, отражающие особенности их распространения. Из рисунка видно, что индекс K_c белорусов в абсолютном большинстве районов имеет близкие к единице значения, в 21 районе (17,6 %) он превышает 1,1, в 9 районах (7,6) ниже 0,9 и ни в одном районе не превышает 1,2. Для русских повышенные значения показателя характерны для севера и северо-востока Витебской области, районов с крупными промышленными центрами и прилегающих к ним. Наибольшая доля районов с $K_c < 0,3$ наблюдается для поляков (71 %) и туркмен (88 %). Поляки концентрируются преимущественно в западных и северо-западных районах — традиционном ареале проживания, туркмены — в регионах с наличием в их центрах высших учебных заведений (Гродно, Брест, Минск, Полоцк, Витебск, Горки, Могилёв, Гомель, Мозырь), так как получение высшего образования является ведущим фактором прибытия туркмен в Белоруссию. Районы с повышенными значениями K_c украинцев сконцентрированы на крайнем юго-западе и (в меньшей степени) юго-востоке страны, а также вдоль транспортных путей Гомель — Минск и Минск — Полоцк; татар — на северо-западе и районах, прилегающих к Минску; армян, азербайджанцев, грузин — обнаруживают тенденцию к концентрации в центральной части Белоруссии; литовцев и латышей — на севере и северо-западе. Для таджиков, молдаван и узбеков постепенное увеличение K_c наблюдается в направлении с запада на восток.



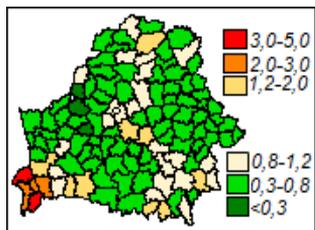
белорусы



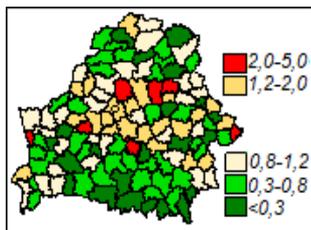
русские



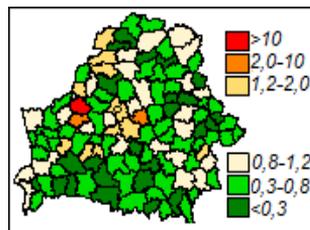
поляки



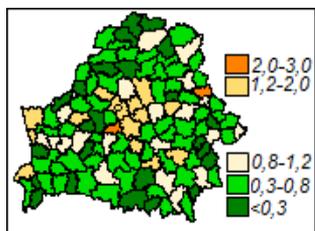
украинцы



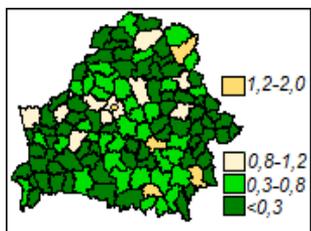
армяне



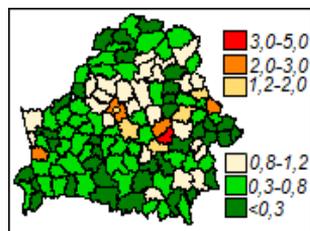
татары



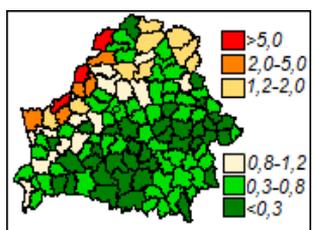
азербайджанцы



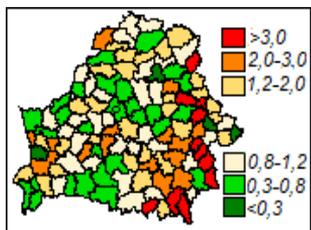
евреи



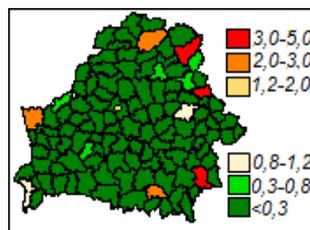
грузины



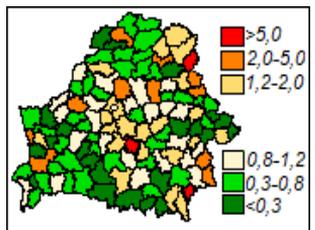
литовцы



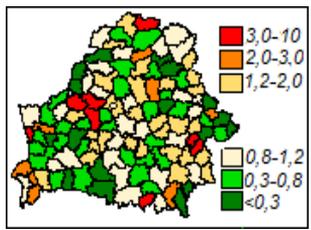
молдаване



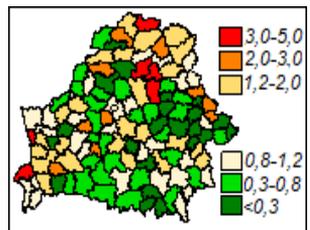
туркмены



узбеки



казахи



чувашы

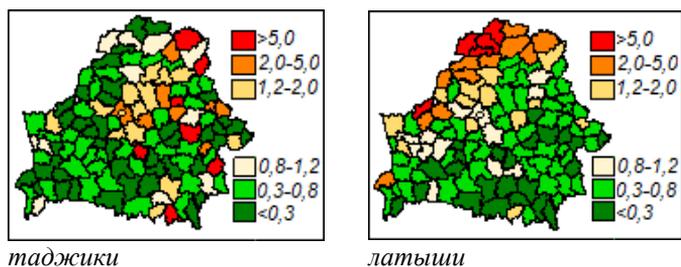


Рис. 1. Значение коэффициентов концентрации этнических групп по районам Белоруссии

Показатели распределения коэффициентов этнической концентрации по диапазонам для этнических групп показаны в таблице 1.

Таблица 1

Показатели распределения коэффициентов этнической концентрации по диапазонам

Национальность	менее 0,2		менее 0,5		0,5-2	более 2		более 5	
	№0,2	М0,2	№0,5	М0,5	№0,5-2	№2	М2	№5	М5
Белорусы	0,0	–	0,8	0,21	99,2	0,0	–	0,0	–
Русские	0,8	0,14	31,9	0,38	68,1	0,0	–	0,0	–
Поляки	63,9	0,07	76,5	0,10	9,2	14,3	4,9	9,2	4,2
Украинцы	0,0	–	26,1	0,41	69,7	4,2	1,0	0,0	–
Евреи	40,3	0,10	77,3	0,21	22,7	0,0	–	0,0	–
Армяне	10,1	0,12	28,6	0,26	65,5	5,9	0,7	0,0	–
Татары	6,7	0,13	40,3	0,30	57,2	2,5	7,2	0,8	16,2
Азербайджанцы	10,9	0,09	39,5	0,28	58,8	1,7	0,3	0,0	–
Литовцы	17,6	0,13	53,8	0,27	39,5	6,7	9,5	2,5	18,8
Молдаване	1,7	0,00	5,0	0,28	73,2	21,8	1,5	3,4	1,0
Грузины	17,6	0,08	45,4	0,24	50,4	4,2	1,1	0,0	–
Туркмены	84,0	0,06	91,6	0,08	3,4	5,0	0,3	0,0	–
Узбеки	12,6	0,01	39,5	0,16	48,7	11,8	1,7	2,5	2,4
Казахи	12,6	0,00	20,2	0,13	66,4	13,4	1,3	0,8	0,7
Чуваши	17,6	0,00	26,1	0,13	60,5	13,4	0,8	0,0	–
Таджики	26,9	0,01	44,5	0,14	42,1	13,4	4,3	5,9	5,1
Латыши	16,8	0,04	40,3	0,25	46,3	13,4	2,9	4,2	4,1

Примечание: Рассчитано по данным [8].

Из всех групп доля районов со значениями K_c от 0,5 до 2 максимальна для белорусов (только в одном районе данная величина отклоняется от этого диапазона), а также молдаван, украинцев, русских, казахов, чувашей (более 60%), минимальна (менее 10%) для поляков и туркмен. Для них же более 60% районов характеризуются уменьшенным более чем в 5 раз относительно среднего значением K_c . Из других этнических групп повышенной долей таких районов отличаются евреи. Доля районов со значением K_c , более чем в 2 раза превышающим среднее, максимальная у поляков и молдаван, более чем в 5 раз — у поляков, таджиков и латышей. У белорусов, рус-

ских и евреев отсутствуют районы, где величина показателя более чем в 2 раза превышает среднюю. Более высокие значения N_2 у наиболее малочисленных из рассматриваемых этнических групп по сравнению с более многочисленными группами объясняется повышенным влиянием на них случайных факторов.

Разнообразные аспекты неоднородности пространственного размещения этнических групп характеризуются показателями, представленными в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики неоднородности пространственного распределения основных этнических групп Белоруссии

Национальность	MI	V, %	G	K_t	$S_{пр}$	$S_{ниж}$	$S_{откл}$	P_2	P_5
Белорусы	0,373	11,4	0,05	0,03	0,00	0,03	0,03	–	–
Русские	0,073	48,3	0,26	0,14	0,00	2,66	2,66	–	–
Поляки	0,428	269,0	0,83	0,69	0,70	1,91	2,61	79,4	72,5
Украинцы	0,474	69,8	0,29	0,15	0,04	2,89	2,94	15,8	–
Евреи	0,061	97,1	0,48	0,28	0,00	2,67	2,67	–	–
Армяне	0,075	73,8	0,38	0,16	0,04	1,19	1,23	4,1	–
Татары	0,017	221,0	0,48	0,17	0,18	2,02	2,20	7,7	5,0
Азербайджанцы	0,129	67,8	0,36	0,19	0,01	1,80	1,80	1,5	–
Литовцы	0,072	339,2	0,70	0,38	0,64	2,34	2,98	40,8	19,9
Молдаване	0,113	80,7	0,39	0,24	0,33	0,23	0,56	25,5	4,8
Грузины	0,106	81,0	0,42	0,21	0,05	1,75	1,79	6,9	–
Туркмены	–0,020	259,1	0,80	0,45	0,02	2,18	2,20	55,8	–
Узбеки	0,076	118,3	0,50	0,17	0,20	1,16	1,36	12,6	3,9
Казахи	–0,010	85,6	0,43	0,13	0,17	0,55	0,72	12,2	0,6
Чуваши	0,083	83,5	0,45	0,20	0,11	0,70	0,81	13,4	–
Таджики	0,001	194,6	0,70	0,29	0,58	1,24	1,82	24,9	13,7
Латыши	0,406	164,6	0,61	0,28	0,39	1,61	2,00	26,8	10,3

Примечание: Рассчитано по данным [8].

Наиболее высокие значения глобального индекса Морана, характеризующего тенденции к пространственной кластеризации районов с повышенными и пониженными значениями K_c , отмечены для украинцев, поляков, латышей и белорусов, т. е. для них наиболее выражена пространственная закономерность в распределении данного показателя на уровне всей республики. Коэффициент вариации V показателя K_c по районам максимален для литовцев, поляков, туркмен, татар, также высокие его значения отмечаются для таджиков, латышей и узбеков, минимальное значение — для белорусов, почти в 6 раз ниже, чем для следующей по минимальному значению V этнической группы. Наиболее высокими значениями коэффициента Джини (0,80 и выше) отличаются поляки и туркмены, несколько ниже его значения для литовцев и таджиков (0,70), также повышенным его значением характеризуются латыши (0,61). Значения менее 0,30 отмечены для русских и украинцев, минимальное значение (0,05) для белорусов. По значению коэффициента территориальной концентрации (0,69) поляки намного опережают следующие за ними этнические группы — туркмен (0,45) и литовцев (0,38), для остальных групп его значения намного ниже. По значе-

нию средней величины отклонения K_c от среднего диапазона 0,5–2 выделяются литовцы, украинцы, русские, поляки, евреи, причём для всех них, за исключением поляков и литовцев, эта величина почти полностью определяется отклонениями в меньшую сторону. По доле населения этнической групп, проживающих в районах с превышением K_c более чем в 2 раза, лидируют поляки, туркмены и литовцы (для первых почти 4/5, для вторых более половины, для третьих более 40 % населения проживает в таких районах), с превышением K_c более чем в 5 раз — поляки и литовцы.

Графически неравномерность распределения населения этнических групп по районам отображается кривыми Лоренца и кривыми нормированных значений этнической концентрации (рис. 2), позволяющими сравнить соответственно степень неравенства значений этнической концентрации в районах Белоруссии и распределение приведённых к единому линейному масштабу значений K_c в ранжированном ряду районов, выделить группы этносов, характеризующихся сходной формой данных кривых.

Пространственные кластеры и выбросы значений коэффициента концентрации этнических групп по районам показаны на рисунке 3, построенном по значениям локального индекса Морана в программе GeoDa. Кластер «Высокий — Высокий» включает районы с относительно высоким значением K_c , окружённый районами с также относительно высокими статистически значимыми его значениями; кластер «Низкий — Низкий» — районы с относительно низким значением K_c , окружённый районами с также относительно низкими его значениями. Кластер «Высокий — Низкий» — районы, в которых есть статистическое ожидание пространственной автокорреляции высоких показателей явления, но в реальности они не наблюдаются, кластер «Низкий — Низкий» — районы, в которых есть статистическое ожидание пространственной автокорреляции низких показателей явления, но в реальности они не наблюдаются [22].

Самый большой объём кластера «Высокий — Высокий» у белорусов, он охватывает восточную и южную Белоруссию. У русских и чувашей данный кластер охватывает крайний север и северо-восток, у поляков — запад, у украинцев — юго-запад, у литовцев — северо-запад, у латышей — север и северо-запад, у молдаван — юго-восток, у армян, азербайджанцев, евреев, грузин — центральную часть страны. Самый большой объём кластера «Низкий — Низкий» у поляков, литовцев и латышей. Таким образом, определение локального индекса Морана позволяет проиллюстрировать пространственные закономерности размещения населения различных этнических групп, сравнить их и выявить их общие и индивидуальные черты.

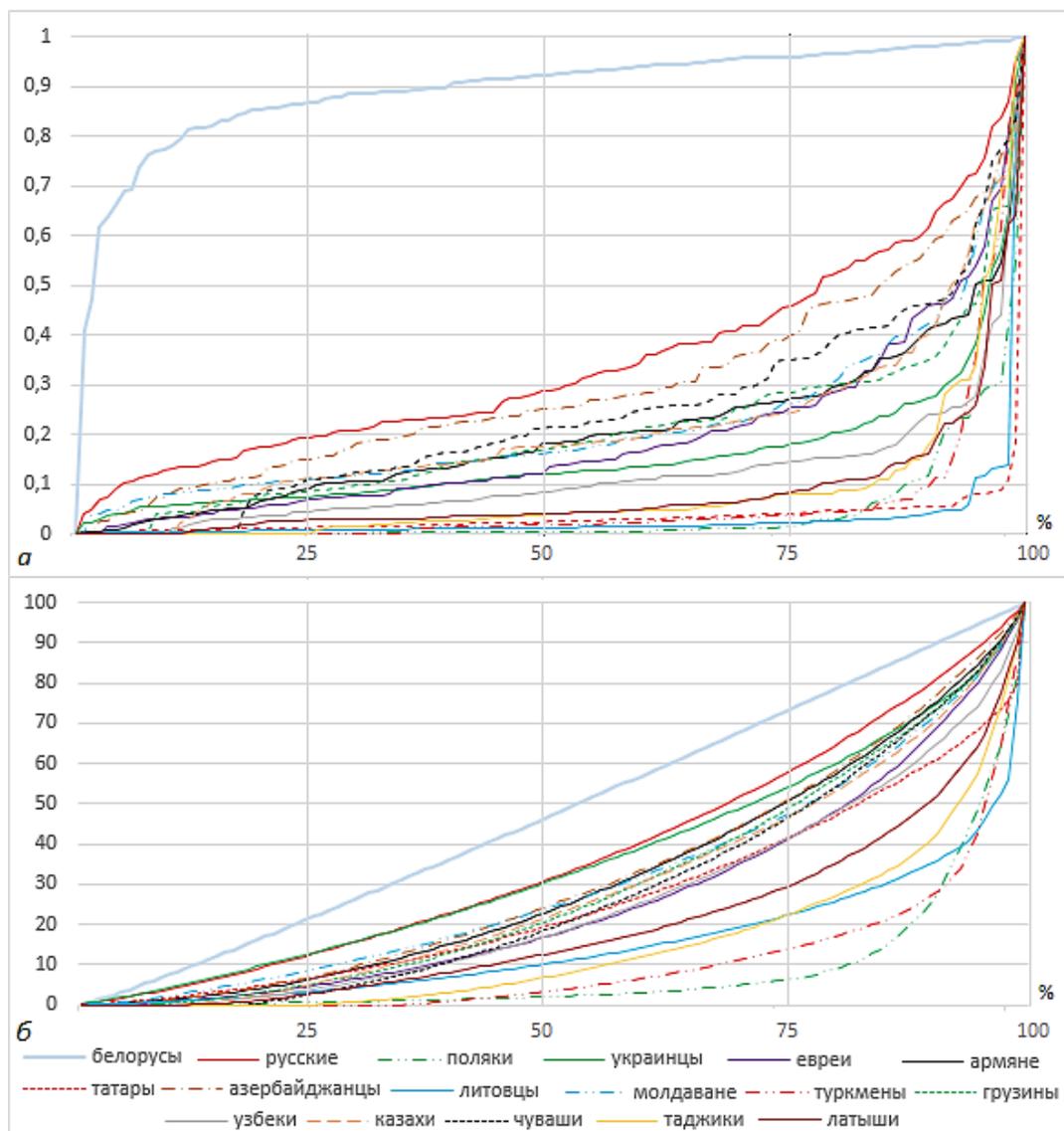


Рис. 2. Графическое отображение variability значений K_c различных этнических групп по районам Белоруссии (*а* — кривые нормированных значений этнической концентрации; по оси абсцисс — кумулятивные значения долей районов в общей численности районов Белоруссии; по оси ординат — ранжированные нормированные значения концентраций этнических групп в каждом районе; *б* — кривые Лоренца; по оси абсцисс — кумулятивные значения долей районов в общей численности районов Белоруссии, по оси ординат — кумулятивные значения концентрация этнических групп в каждом районе)

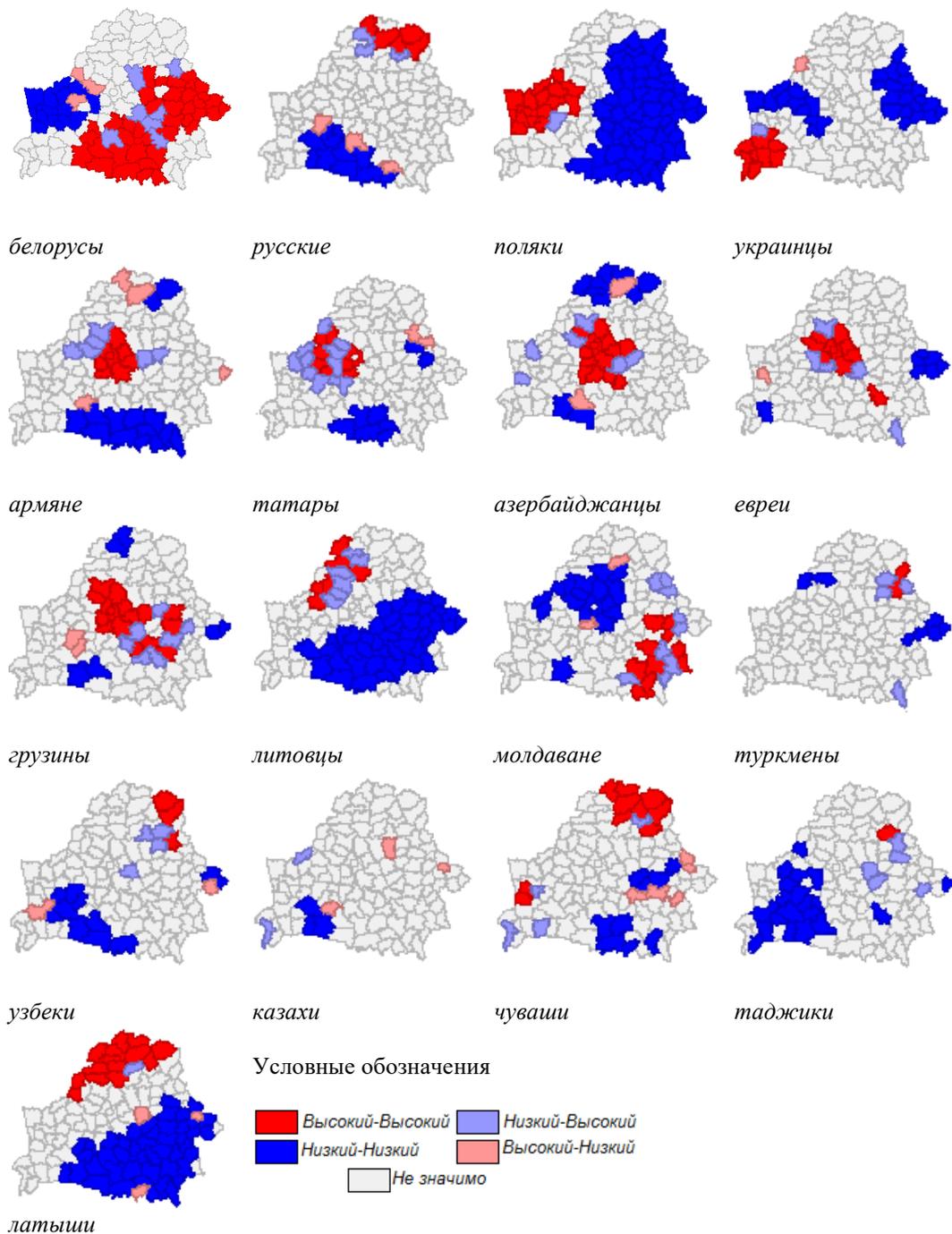
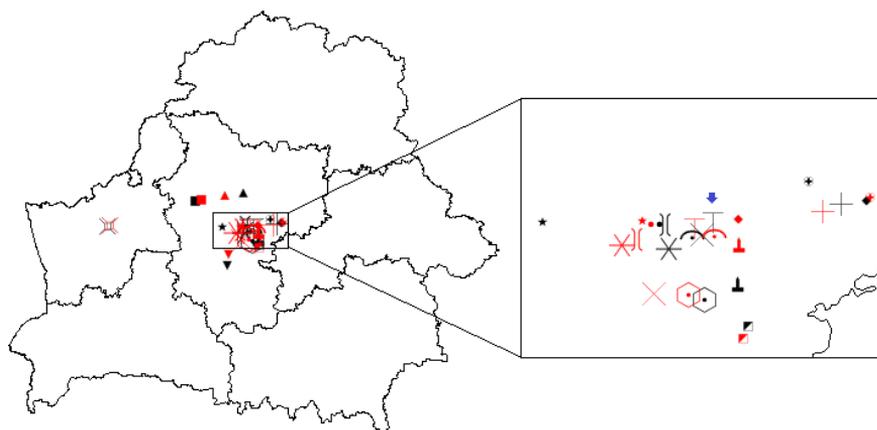


Рис. 3. Пространственные кластеры повышенных и пониженных значений K_s , выделенные на основе локальных индексов пространственной автокорреляции LISA (пространственный лаг учитывает соседей 1 и 2 порядков, $p < 0,05$)

Определение геостатистических центров пространственного распределения концентраций этнических групп (рис. 4) позволило выявить их расположение друг относительно друга, относительно геометрического центра страны, а также их динамику в 2009–2019 гг. Наибольшей величиной динамики за указанный период характеризуются евреи и татары, что, возможно, связано с недостаточной корректностью результатов переписи 2019 г., показанной нами ранее [27]. Наибольшее расстояние между геометрическим центром страны и центром расселённости у поляков, а также литовцев, украинцев и латышей, наименьшее — у евреев, русских и грузин. Максимальные значения относительной центрированности, соответствующие большим величинам пространственного разброса, наблюдаются у туркмен, украинцев, молдаван, русских, минимальные — у поляков. Центры расселения литовцев и латышей смещены к северу от основного ареала этнических центров, поляков — к западу, украинцев — к югу.



Условные обозначения

↓ географический центр Белоруссии

Знак	Национальность	$R_{2009-2019}$	R_S	dis	Знак	Национальность	$R_{2009-2019}$	R_S	dis
⬇	белорусы	3,9	0,59	23,5	⬆	молдаване	3,1	0,65	34,4
⊙	русские	5,3	0,64	8,9	⊥	грузины	4,5	0,48	8,1
⊗	поляки	4,3	0,33	183,4	⊛	туркмены	15,1	0,68	38,0
▼	украинцы	13,9	0,67	52,8	⬇	узбеки	9,4	0,58	12,9
◆	евреи	30,5	0,49	8,5	⊗	казахи	18,2	0,60	26,3
⌋	армяне	7,6	0,53	20,2	⊗	чуваша	11,3	0,62	23,8
★	татары	23,8	0,54	16,9	⊥	таджики	4,9	0,52	26,6
●	азербайджанцы	2,2	0,51	15,6	▲	латыши	22,8	0,57	49,0
■	литовцы	8,9	0,60	71,7					

Рис. 4. Геостатистические центры расселения этнических групп Белоруссии (чёрным цветом знака показаны центры расселения на 2009 г., красным — на 2019 г.; $R_{2009-2019}$ — расстояние между центрами расселения в 2009 и 2019 гг., км; R_S — относительная центрированность, 2019 г.; dis — дисцентриситет, км, 2019 г.)

Между значениями K_c всех рассматриваемых национальностей по районам были рассчитаны коэффициенты линейной корреляции Пирсона r , результаты показаны на рисунке 5, где линиями с подписанными значениями коэффициентов соединены этнические группы, r между которыми статистически значим на уровне $p < 0,05$, причём чёрные линии показывают положительные, а красные — отрицательные значения r .

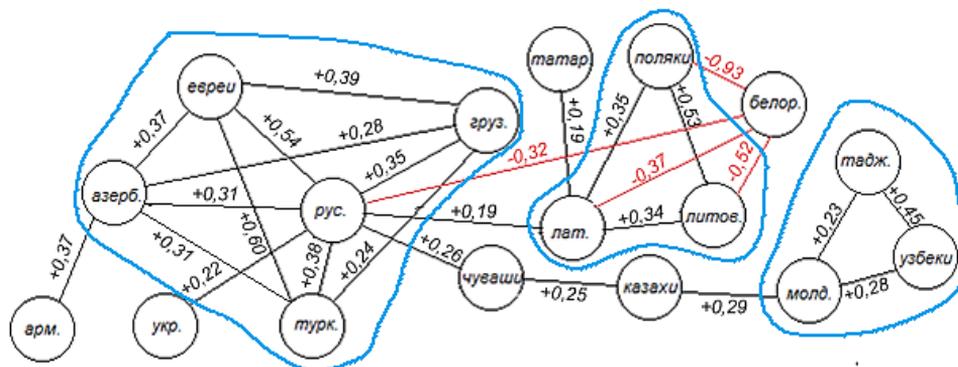


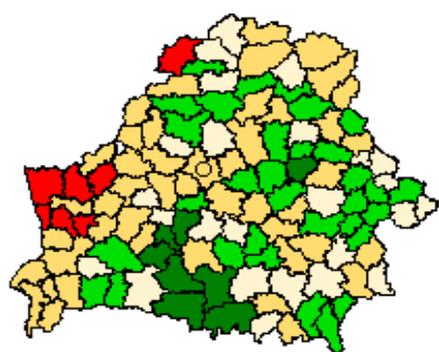
Рис. 5. Корреляция между коэффициентами этнической концентрации по районам Белоруссии

В результате были выделены группы национальностей, характеризующихся значимыми положительными корреляциями между значениями своих коэффициентов этнической концентрации:

- 1) русские, азербайджанцы, евреи, туркмены, грузины (среднее значение r в группе 0,38);
- 2) латыши, поляки, литовцы (0,41);
- 3) молдаване, таджики, узбеки (0,32).

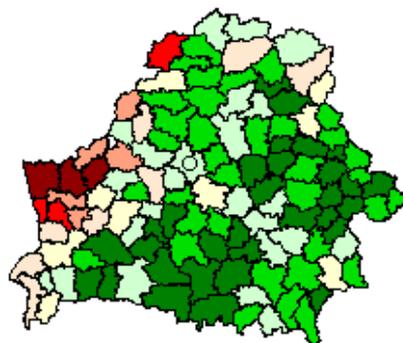
Максимальные положительные значения r отмечены для пар евреи–туркмены, евреи–русские, поляки–литовцы ($r > 0,5$), а также таджики–узбеки ($r > 0,4$), что говорит о сходстве факторов их размещения. Белорусы являются единственной этнической группой, не имеющей значимой положительной корреляции ни с одной другой группой, а также, имеющей значимые отрицательные корреляции: с поляками, латышами, литовцами, русскими. Высокие значения отрицательной корреляции наблюдаются в парах белорусы–поляки ($r = -0,93$) и белорусы–литовцы ($r = -0,52$).

Картограммы, отражающие характеристики горизонтальной структуры этнического пространства Белоруссии, приведены на рисунке 6. Коэффициент этнической мозаичности изменяется от 0,59 (Лидский район) до 0,08 (Столинский район); среднее арифметическое 0,21, медиана 0,19, 75-й процентиль 0,26, 90-й процентиль 0,36; распределение соответствует логнормальному, следовательно, математическое ожидание 0,196. Ареал повышенных значений приурочен к западу и северо-западу страны, пониженных — к центральной части южного полесского региона. 7 районов (5,9 %) имеют значение ИЭМ более 4; 47 районов (39,5 %) — от 2 до 4; 25 районов (21,0 %) — от 0,15 до 2; 32 района (26,9 %) — от 0,1 до 0,15; 8 районов (6,7 %) — менее 0,1.



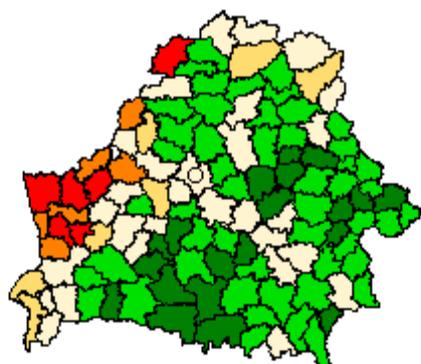
Индекс этнической мозаичности

менее 0,1	0,15 - 0,2	0,4 - 0,6
0,1 - 0,15	0,2 - 0,4	



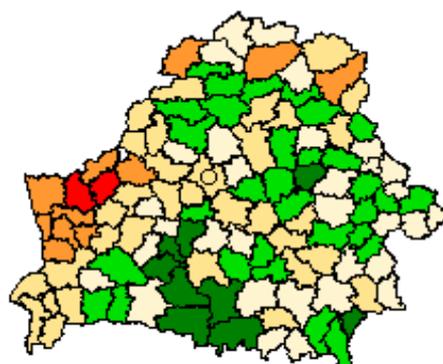
Индекс этнической энтропии

> 0,3	0,4 - 0,5	0,6 - 0,7	0,8 - 0,9
0,3 - 0,4	0,5 - 0,6	0,7 - 0,8	0,9 - 1



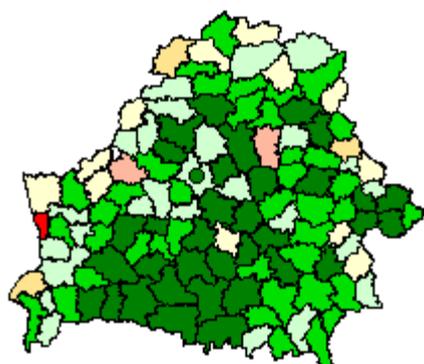
Индекс выравнивания (относительной энтропии)

< 0,1	0,15 - 0,2	0,25 - 0,3
0,1 - 0,15	0,2 - 0,25	0,3 - 0,35



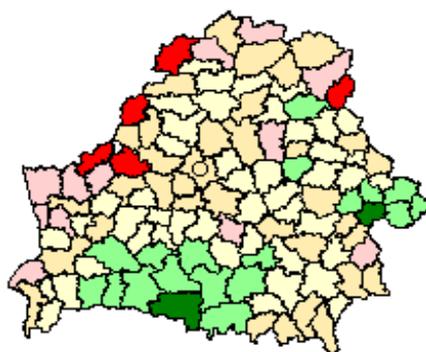
Индекс этнической поляризации

< 0,2	0,3 - 0,4	0,6 - 0,8
0,2 - 0,3	0,4 - 0,6	0,8 - 1



Количество этнических групп с $K_s > 2$

0	1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---	---



Среднее значение K_s по районам

< 0,3	0,3 - 0,6	0,6 - 0,9
0,9 - 1,2	1,2 - 2,0	2,0 - 4,0

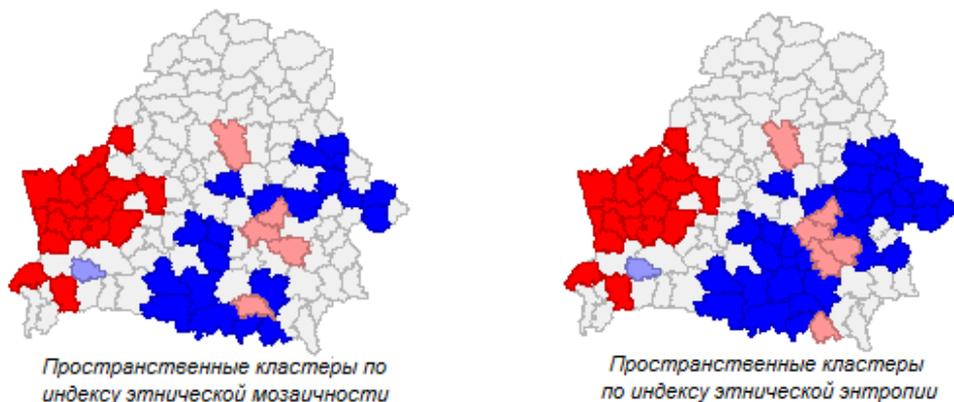


Рис. 6. Основные характеристики горизонтальной структуры этнического пространства

В 35 районах значение K_c ни одной из рассматриваемых этнических групп не превышает 2. В 12 районах таких этнических групп насчитывается три, в 3 районах (Горецкий, Каменецкий, Браславский) — четыре, в двух районах (Ивьевский, Крупский) — пять, в 1 районе (Берестовицкий) — шесть. На карте средних значений K_c , рассчитанных по 17 этническим группам, чётко выделяется два кластера районов с пониженными значениями данного показателя — менее 0,6: первый включает 12 районов запада Гомельской и востока Брестской областей, второй — 6 районов востока Могилёвской области. В пяти районах этот показатель превышает 2 — это пограничные районы на белорусско-литовской (Вороновский, Ивьевский, Островецкий и Браславский) и белорусско-русской (Лиозненский) границе.

На рисунке 7 показано представление территориального распределения ИЭМ в виде географического поля. Оно позволяет выявить ареалы с различной величиной как самого индекса, так и его градиента и их конфигурацию.

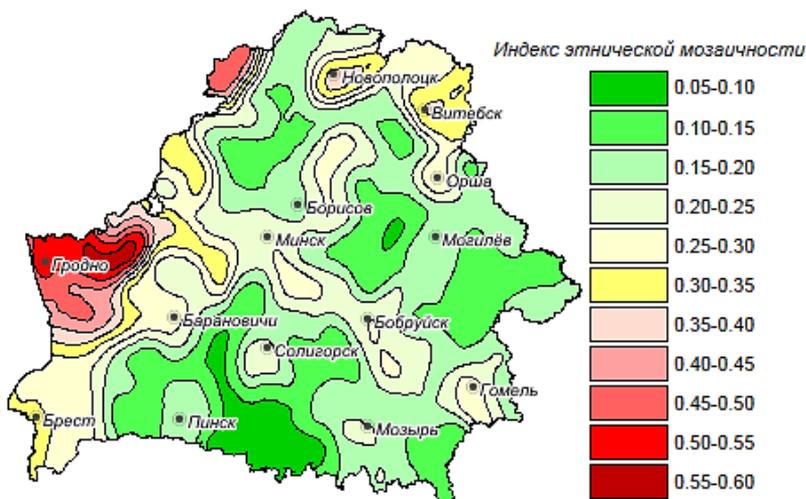


Рис. 6. Поле этнической мозаичности на территории Белоруссии

Заключение. Оценка неоднородности этнического пространства представляет собой комплексную задачу, решаемую путём применения системы формализованных (математических) показателей, характеризующих различные аспекты его вертикальной и горизонтальной структуры. Неотъемлемым элементом при этом являются картографические методы, позволяющие отразить пространственно-временную динамику показателей. Широкий арсенал математических и математико-картографических моделей, в т. ч. адаптированных для оценки этнического пространства моделей, разработанных в рамках других естественных и общественных наук, позволяет учесть и синтезировать достаточное количество факторов, определяющих особенности этнической гетерогенности территории.

Литература

1. *Абухава А. М.* Этнічныя супольнасці Беларусі ў канцы ХХ — пачатку ХХІ ст.: дынаміка колькасці і рассялення // *Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 1. Гісторыя і археалогія. Філасофія. Паліталогія.* 2018. Т. 10. № 1. С. 31–39.
2. *Буфетова А. Н., Коломак Е. А.* Национальная неоднородность в регионах России // *ЭКО.* 2017. № 4 (514). С. 110–123.
3. *География и мониторинг биоразнообразия.* М.: НУМЦ, 2002. 432 с.
4. *Голяшев А. В., Кельман Ю. Ф.* Индекс локализации в социальной и экономической географии: традиция и новые подходы // *Мир науки, культуры, образования.* 2014. № 3 (46). С. 376–380.
5. *Гуров С. А.* Использование способа псевдоизолиний в современном картировании // *Геополитика и экогеодинамика регионов.* 2019. Т. 5 (15). Вып. 3. С. 79–89.
6. *Житин Д. В.* Пространственные особенности локализации этнических групп в Санкт-Петербурге // *Балтийский регион.* 2024. Т. 16. № 3. С. 163–186.
7. *Житин Д. В., Краснов А. И.* Территориальная концентрация этнических групп населения в Санкт-Петербурге // *Изв. РГО.* 2015. Т. 147. Вып. 2. С. 56–72.
8. Итоговые данные переписей населения Республики Беларусь. [Электронный ресурс]: URL: <https://census.belstat.gov.by/> (дата обращения: 15.10.2024).
9. *Касперович Г. И.* Особенности этнического состава населения Республики Беларусь // *Этнография Алтая и сопредельных территорий. Матер. междунар. науч. конф., посв. 25-летию центра устной истории и этнографии лаборатории исторического краеведения Алтайского гос. пед. ун-та.* Барнаул: АГПА, 2015. С. 107–111.
10. *Киндеев А. Л.* Анализ этнического состава административных регионов Беларуси // *Проблемы и перспективы социально-экономической географии: (к 100-летию со дня рождения И. И. Трухана).* Материалы международной научно-практической конференции. Минск: БГУ, 2016. С. 164–167.
11. *Крылов П. М., Рунова Т. Г.* Экономическая география и регионалистика. М.: МГИУ, 2008. 196 с.
12. *Лажник В., Пугач С.* Просторовий аналіз особливостей розселення населення Волинської області з використанням центрографічного методу // *Часопис соціально-економічної географії.* 2017. Вип. 22 (1). С. 111–117.

13. Левич А. П. Структура экологических сообществ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 182 с.
14. Манаков А. Г. Географический анализ динамики русского населения в республиках Прибалтики, Белоруссии, Украине и Молдавии во второй половине XX в. // Псковский регионологический журнал. 2019. № 2 (38). С. 3–14.
15. Манаков А. Г. Оценка этнической трансформации регионов постсоветского пространства // Известия РАН. Серия географическая. 2021. Т. 85. № 5. С. 687–698.
16. Манаков А. Г. Этнокультурное пространство России: структура и геодинамика с XVIII в. Псков: Псковский государственный университет, 2018. 208 с.
17. Манаков А. Г., Вампилова Л. Б. Оценка степени неоднородности этнической структуры населения Крыма с 1897 по 2014 гг. // Псковский регионологический журнал. 2023. Т. 19. № 1. С. 113–128.
18. Манаков А. Г., Соколов А. С., Суворков П. Э. Формирование этнической и языковой структуры населения Республики Беларусь и этнодемографический прогноз до 2069 года // Псковский регионологический журнал. 2022. Т. 18. № 1. С. 35–55.
19. Манаков А. Г., Данилкина Н. В. Основные тренды этнической трансформации на постсоветском пространстве // Псковский регионологический журнал. 2021. № 1 (45). С. 21–36.
20. Минаева Э. Ю. Локализация этнических групп: инструментарий анализа этнополитических процессов // Вестник Пермского университета. Политология. 2010. Т. 14. № 1. С. 116–126.
21. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.
22. Окунев И. Ю. Основы пространственного анализа. М.: Аспект Пресс, 2020. 255 с.
23. Панин А. Н., Тикунов В. С. Центрографический метод для анализа расселения коренных малочисленных народов (на примере народов Севера, Сибири и Дальнего Востока) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2016. № 6. С. 104–106.
24. Полян П. М. Территориальные структуры — урбанизация — расселение: теоретические подходы и методы изучения. М.: Новый хронограф, 2014. 785 с.
25. Розенберг Г. С. Несколько слов об индексе разнообразия Симсона // Самарская Лука. 2007. Т. 16. № 3 (21). С. 581–584.
26. Словохотов Ю. Л. Физика и социофизика. Ч. I. Физические основы социальных явлений. Влияние солнечной активности на процессы в обществе. Движение в системе «живых частиц» // Проблемы управления. 2012. Вып. 1. С. 2–20.
27. Соколов А. С. Оценка достоверности результатов переписи населения 2019 года в Белоруссии на основе анализа изменений в этнолингвистическом составе населения // Демографическое обозрение. 2022. Т. 9 № 4. С. 61–103.
28. Соколов С. Н. Метод центрографии в экономико-картографическом исследовании // Трешниковские чтения — 2022: Современная географическая картина мира и технологии географического образования. Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. Ульяновск: УлГПУ, 2022. С. 222–223.

29. Теренина Н. К. Динамика этнической неоднородности регионов России с 1959 по 2021 г. // Географический вестник. 2024. № 3. С. 38–48.

30. Тесленок К. С., Создаев А. А., Манухов В. Ф. Геоинформационное картографирование потенциала поля расселения населения Республики Мордовия // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). Вып. 3. С. 223–230.

31. Ханина Л. Г., Смирнов В. Э., Бобровский М. В. Оценка видового разнообразия растительных сообществ заповедника «Калужские засеки» на основе индексов Шеннона и Симпсона и чисел Хилла // Лесоведение. 2016. № 1. С. 65–73.

32. Червяков В. А. Количественные методы в географии. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 1998. 259 с.

33. Шитиков В. К., Зинченко Т. Д. Использование чисел Хилла для оценки видового и таксономического разнообразия в группах местообитаний // Принципы экологии. 2013. № 3. С. 23–36.

34. Шитиков В. К., Розенберг Г. С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвящённый памяти А. И. Баканова). Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 91–129.

35. Soroko E. How the methods of natural sciences can help in the studies of ethnically mixed families? // Journal of Physics: Conference. Ser. 2: Computer Simulations in Physics and Beyond, CSP 2017. 2018. P. 012035.

Сведения об авторе

Соколов Александр Сергеевич — старший преподаватель кафедры экологии, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины; соискатель кафедры географии, Псковский государственный университет, г. Псков, Россия.

E-mail: alsokol@tut.by

About the author

Aleksandr Sokolov, Senior Lecturer of the Department of Ecology, F. Skorina Gmel State University; Applicant of the Department of Geography, Pskov State University, Pskov, Russia.

E-mail: alsokol@tut.by

Поступила в редакцию 15.11.2024 г.

Поступила после доработки 16.01.2025 г.

Статья принята к публикации 04.03.2025 г.

Received 15.11.2024.

Received in revised form 16.01.2025.

Accepted 04.03.2025.