

## Методы пространственного анализа медико-статистической информации

*В. С. Тикунов<sup>1</sup>, Т. В. Ватлина<sup>2\*</sup>, В. Р. Гайдуков<sup>1</sup>, И. Н. Тикунова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Смоленский государственный университет, г. Смоленск, Российская Федерация

\* e-mail: vatlina\_geo@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные направления исследований в области тематического картографирования, а также подходы к оценке качества картографических материалов. Всесторонний пространственный анализ медико-статистической информации является важным звеном в системе оценки общественного здоровья. Снижение смертности от злокачественных новообразований является актуальной и социально значимой проблемой. В связи с этим в исследовании на примере анализа смертности мужского населения России от злокачественных новообразований показаны возможности математико-картографического моделирования для анализа территориальных особенностей уровня и структуры смертности на уровне субъектов Российской Федерации. Предлагаемая методика пространственного анализа медико-статистической информации позволяет получить высокоинформативную интегральную оценку состояния общественного здоровья.

**Ключевые слова:** картографическая визуализация, функции карты, типологическая классификация, математико-картографическое моделирование, смертность населения от злокачественных новообразований

### *Введение*

Картографические произведения являются эффективным механизмом визуализации информации, которая имеет пространственную привязку. Способ представления геопространственной информации определяется особенностями отображаемых явлений и задачами, которые решает разрабатываемая карта. Среди разнообразных функций, которые реализует карта, подчеркнем оперативную (по К. А. Салищеву) [1] или в более широком смысле, по предложению С. С. Янкелевич, эту функцию можно назвать управленческой, поскольку она также решает прогностические, организационные и контролируемые задачи [2, 3]. Учитывая управленческие возможности карты, существенное значение приобретают быстрота и точность восприятия информации пользователем [4]. В связи с этим не теряют актуальности исследования, посвященные поиску оптимальных способов картографического изображения. В последние годы появляются работы, направленные на оценку читабельности карты, субъективной оценки степени детализации карты [5, 6]. Продолжается уточнение наиболее

подходящих параметров картографического изображения при переходе от цифровых к печатным картам [7, 8].

Качество готовых картографических произведений зависит от правильности определения назначения карты и соблюдения критериев оценки их качества. Существуют различные подходы к оценке качества картографического произведения. Так, И. И. Лонский, А. Л. Степанченко и В. В. Шлапак выделяют производственный и потребительский подходы [9]. Первый регламентируется нормативными документами, а второй определяется потребителем и связан с возложенными на картографическое произведение задачами.

Одной из наиболее сложных картографических задач является отражение комплексных природных [10–12] или социально-экономических процессов и явлений [13–16]. В этом случае особое значение приобретает классификация как способ обобщения и организации знаний, который позволяет снизить визуальную сложность и отобразить множество переменных данных [17–19].

Здоровье населения является сложным комплексным понятием, которое является объектом

исследования различных научных направлений и дисциплин. Для решения практических задач охраны здоровья широко используются методы пространственного анализа информации. Всемирная организация здравоохранения для характеристики общественного здоровья рекомендует использовать показатели смертности населения [20]. Снижение смертности от злокачественных новообразований (ЗНО), наряду со снижением младенческой смертности и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, является ключевой целью национального проекта «Здравоохранение» [21]. В России онкологический учет ведется в соответствии с рекомендациями Международного агентства по исследованиям рака [22], с 2019 г. реализуется федеральный проект «Борьба с онкологическими заболеваниями» [23], утверждены дополнительные нормативно-правовые акты, которые определяют порядок организации онкологической помощи [24, 25] и др.

Учитывая социальную значимость и актуальность проблемы распространения злокачественных новообразований, рассмотрим возможности математико-картографического моделирования для интерпретации медико-статистической информации.

В рамках данного исследования была разработана типологическая классификация субъектов РФ по показателям смертности от ЗНО, определены оптимальные способы картографического изображения и проведен анализ территориальных особенностей уровня и структуры смертности. Для апробации были рассмотрены показатели смертности мужского населения за 2015–2020 гг. от ЗНО по семи локализациям:

губа, полость рта, глотка (С00-14); пищевод (С15); печень и внутрипеченочные желчные протоки (С22), другие органы пищеварения (С23, 24, 26), головной мозг и другие отделы центральной нервной системы (С70-72), щитовидная железа (С73), лимфатическая и кровеносная ткань (С81-96). Эта выборка отражает смертность от тех видов рака, развитие которых обусловлено воздействием канцерогенных факторов окружающей среды [26].

### Материалы и методы

Данные онкологической статистики в России собираются, систематизируются и публикуются Московским научно-исследовательским онкологическим институтом имени П. А. Герцена в ежегодных сборниках. В статье анализировались открытые сведения за 2015–2020 гг., представленные на официальном сайте этой организации [27].

На основе полученных показателей смертности мужского населения по шести локализациям по всем субъектам (территориальным единицам) РФ была проведена классификация, алгоритм которой разработан одним из авторов [18].

Все множество анализируемых территориальных единиц (АТЕ) обозначено символом  $X = \{x_1, \dots, x_N\}$ , где  $x_i$  –  $i$ -я ТЕ,  $N$  – количество АТЕ. Все АТЕ отражаются в матричном виде, представляющем измерение  $M$  признаков на  $N$  АТЕ. Матрица содержит  $N$  строк и  $M$  столбцов:

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_N \end{pmatrix} = \left( x^{(1)}, \dots, x^{(M)} \right) = \begin{pmatrix} x_1^{(1)} & \dots & x_1^{(j)} & \dots & x_1^{(M)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N-1}^{(1)} & \dots & x_{N-1}^{(j)} & \dots & x_{N-1}^{(M)} \\ x_N^{(1)} & \dots & x_N^{(j)} & \dots & x_N^{(M)} \end{pmatrix},$$

где  $x_i = x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(M)}$  –  $i$ -я АТЕ в  $M$ -мерном пространстве признаков;  $x^{(j)}$  –  $j$ -й признак,  $x^{(j)} = (x_1^{(j)}, \dots, x_N^{(j)})$ ,  $x_i^{(j)}$  – значение  $j$ -го признака на  $i$ -й ТЕ,  $i \in \{1, \dots, N\}$ ,  $j \in \{1, \dots, M\}$ .

На предварительном этапе классификации требуется их предварительная обработка,

включающая нормировку, взвешивание и снижение размерности. Процедуры нормирования проводились по дисперсиям и математическим ожиданиям, что позволило привести каждый анализируемый показатель к стандартному виду (в результате математическое ожидание любого показателя становится равным нулю, а дисперсия – единице).

Пусть

$$x^{(j)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^{(j)} - \text{оценка математического ожидания } j\text{-го показателя;}$$

$$\text{var}(x^{(j)}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i^{(j)} - \bar{x}^{(j)})^2 - \text{оценка дисперсии } j\text{-го показателя.}$$

Тогда нормировка заключается в пересчете

$$x_i^{(j)} = \frac{x_i^{(j)} - \bar{x}^{(j)}}{\sqrt{\text{var}(x^{(j)})}} \quad \forall j \in \{1, \dots, M\}, i \in \{1, \dots, N\}, \text{ т. е. } \Delta_1 = \bar{x}^{(j)}, \Delta_2 = \sqrt{\text{var}(x^{(j)})}.$$

Следующий этап исследования включает применение метода главных компонент. Данный метод применяется для нахождения новой системы атрибутивных признаков, основываясь на существующей системе, которая описывает АТЕ. Новая система обладает следующими свойствами:

- признаки новой системы ортогональны, т. е. некоррелированы;
- упорядочены в порядке убывания дисперсии;
- представляют собой линейные комбинации признаков исходной системы;
- количество признаков в новой системе, в общем случае, не превышает количество признаков в исходной системе и на практике всегда меньше.
- признаки новой системы несут столько же информации новой системы, содержат столько же информации (или заранее заданный процент информации, например, 90 %) об изменчивости объектов, сколько и исходные признаки (в данном случае под информацией понимается дисперсия признаков).

Метод главных компонент рекомендуется использовать для исправления искажений, вызванных взаимными корреляциями в ис-

ходном пространстве признаков. Он также позволяет снизить объем хранящихся данных без значительной потери информации об АТЕ, визуализировать АТЕ в пространстве признаков (например, путем их представления в виде точек на плоскости первых двух главных компонент) и выявить латентные показатели, отражающие суть процесса или явления, которые могут быть скрыты или неявно наблюдаемы.

Наиболее просто воспринимается геометрическая интерпретация метода главных компонент. В многомерном пространстве признаков ТЕ рассматриваются как точки, геометрическая структура облака которых в случае нормального распределения напоминает  $M$ -мерный эллипсоид. За новые признаки принимаются главные оси воображаемого эллипсоида, отсортированные в порядке уменьшения дисперсий ТЕ по осям.

Для расчета расстояния на  $M$  количественных признаках существует наиболее общее соотношение, называемое метрикой малонабисского типа. Частным случаем расстояния малонабисского типа является обычное евклидово расстояние, которое мы и использовали в данной работе:

$$d_e(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{x=1}^M (x_i^{(x)} - x_j^{(x)})^2}.$$

Евклидово расстояние используется для измерения различий между каждой парой террито-

риальных единиц. Наша цель состоит в получении гомогенных групп АТЕ в многомерном про-

странстве признаков, то есть возможных «типов» АТЕ. Для этого мы выбираем наибольшее расстояние из полученных значений евклидовых расстояний и два связанных им ядра становятся начальными однородными кластерами. Кластеры формируются путем распределения остальных территорий между этими двумя ядрами на основе минимальных евклидовых расстояний. В случае если требуется выделить большее количество кластеров для определения третьего ядра и всех последующих, каждая оставшаяся территориальная единица рассматривается как новое ядро, и остальные единицы

распределяются между всеми ядрами на основе минимальных расстояний, чтобы минимизировать внутригрупповые различия.

Процедура определения 4-го ядра и формирование типологии и 4-мя типами аналогична вышеописанной и т. д. до максимально возможной величины, задаваемой заранее –  $t_{\max}$  и аналогично минимальной величине  $t_{\min}$ . Получаемый ряд группировок можно анализировать на основе абсолютного и относительного коэффициентов неоднородности и с их помощью выбирать оптимальное количество кластеров:

$$A_k = \frac{100 \left\{ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{\frac{1}{2}} I_{ik} I_{jk} \right\}}{\sum_{i=1}^{t_{\max}} \left[ \sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{\frac{1}{2}}},$$

$$k = t_{\min}, t_{\min} + 1, \dots, t_{\max};$$

$$O_k = \frac{100 \left\{ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{\frac{1}{2}} I_{ik} I_{jk} \right\}}{\sum_{i=1}^{t_{\max}} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{\frac{1}{2}} I_{ik} I_{jk}},$$

$$k = t_{\min}, t_{\min} + 1, \dots, t_{\max} - 1,$$

где  $k$  – число сформированных групп (кластеров);  $p$  – количество координат для расчета расстояний;  $t_{\min}, t_{\max}$  – минимальное и максимальное количество групп, задаваемое аргументом;  $I_{jk}$  – индикатор, указывающий наличие (1) или отсутствие (0) ТЕ в группе  $k$ .

Резкое возрастание значений  $A_k$  или  $O_k$  при уменьшении числа выделяемых кластеров указывает на повышение неоднородности внутри выделенных кластеров, в случае плавного возрастания коэффициентов происходит равномерное ее увеличение. Порог, за которым следует резкое повышение неоднородности, оптимально принимать за окончательное число кластеров.

В качестве окончательного варианта из всего спектра выбираются «наилучшие» со статистической точки зрения варианты классификации [18].

В результате проведенной классификации регионов России выделено пять макротипов для мужчин, отличающихся друг от друга по показателям смертности.

Полученные результаты отражены на карте, в легенде приводится характеристика выделенных типов (рисунок). Цветовая гамма подобрана таким образом, чтобы пользователь визуально смог легко выделить субъекты РФ с наиболее неблагоприятными параметрами.

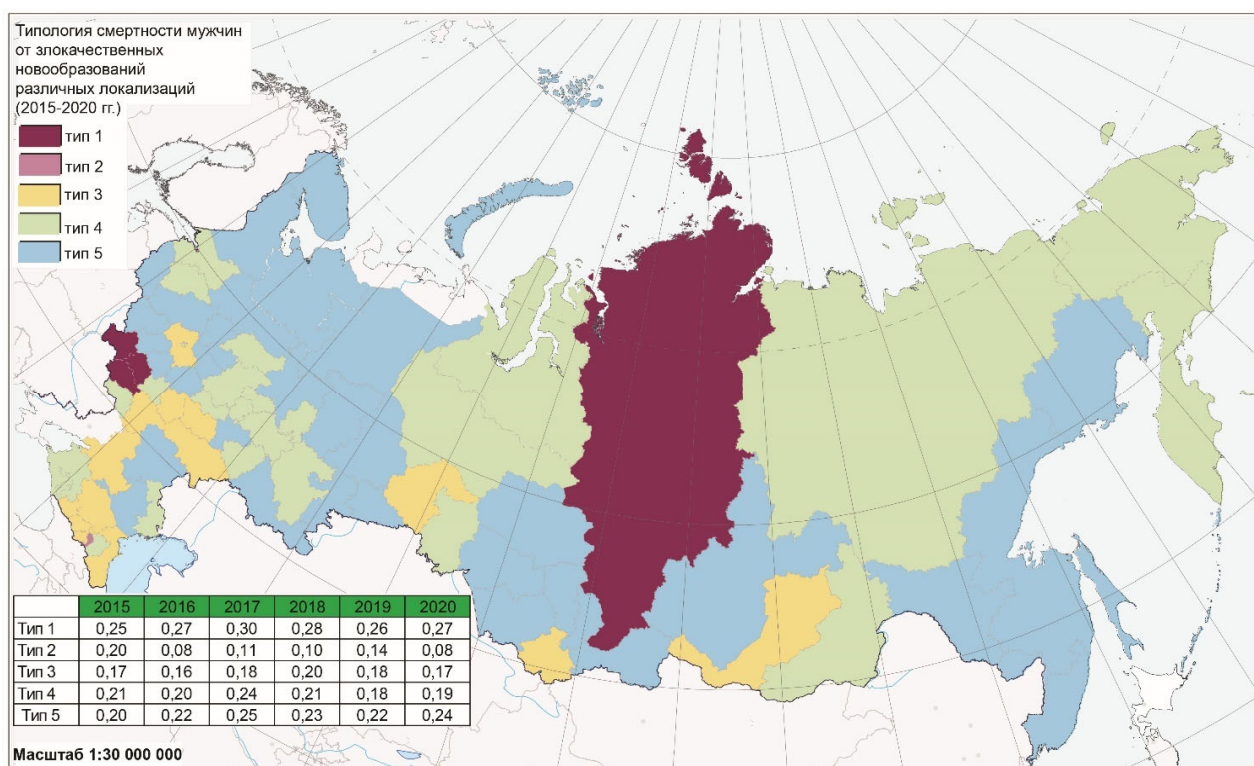
### Результаты и их обсуждение

ЗНО относят к индикаторным показателям здоровья, которые имеют высокую степень зависимости от воздействия канцерогенных факторов окружающей среды [28].

В структуре смертности населения России в 2020 г. смертность от ЗНО занимала второе место – 1 460,2 случаев на 100 000 населения, что составило 13,6 % от числа умерших [27] следом за смертностью от болезней системы кровообращения (43,9 %), опередив коронавирусную инфекцию, вы-

званную COVID-19 (6,8 %). Доля злокачественных новообразований в структуре смертности мужского населения традиционно выше и в 2020 г. составил 14,7 %; женского – 12,6 % [27].

Ситуацию с мужской смертностью в целом по России можно охарактеризовать как неблагоприятную, поскольку подавляющее большинство регионов находится в группах с высоким уровнем смертности. В результате классификации выделяются пять типов регионов со специфической ситуацией по смертности от ЗНО по семи локализациям.



Типология субъектов РФ по показателям смертности мужчин от злокачественных новообразований, 2015–2020 гг.

Субъекты, относящиеся к первому типу, характеризуются высоким уровнем смертности от рака по семи рассматриваемым локализациям на фоне других территориальных единиц. Первый тип включил Брянскую, Курскую, Орловскую области и Красноярский край.

Ко второму типу был отнесен только один субъект – Республика Северная Осетия – Алания с самыми низкими показателями смертности по всем локализациям и с общей тенденцией к их снижению.

Для регионов, входящих в третий и четвертый тип, наблюдается близость динамики показателей смертности за шестилетний период, а также более высокие значения смертности от рака органов пищеварения.

Субъекты, относящиеся к пятому типу, отличаются достаточно низкими значениями смертности от рака головного мозга, более низкими, чем в первом типе, значениями смертности от рака органов пищеварения, но выделяются ростом смертности от рака щитовидной железы.

Регионы с напряженной экологической ситуацией, где сконцентрированы предприятия черной металлургии, тяжелого машиностроения, сельского хозяйства с интенсивной химизацией, характеризуются высоким уровнем смертности и негативной динамикой за шестилетний период. Несмотря на возможности принимать оперативные решения по разработке комплекса профилактических и оздоровительных мер на основе предложенной методики, необходимо отметить некоторые ограничения. При визуализации результатов анализа медико-статистической информации для субъектов РФ, обладающих значительной площадью (Красноярский край, Республика Саха и др.), у читателя карты может сложиться впечатление однородности условий. Исключить эти ограничения

можно в случае проведения анализа на более крупном масштабном уровне.

### Заключение

Предлагаемая методика может использоваться для пространственного анализа различной медико-статистической информации, предоставляя высокоинформативную интегральную оценку состояния общественного здоровья.

Применение методов математико-картографического моделирования при разработке карт повышает ее информативность, увеличивает скорость принятия решений, что особенно актуально при картографировании показателей здоровья населения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Салищев К. А. Картоведение. – М. : МГУ, 1982. – 408 с.
2. Янкелевич С. С. Функции карты в условиях постиндустриальной эпохи // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 160–168. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-2-160-168.
3. Янкелевич С. С. Теоретико-методологические аспекты тематической картографии на основе геопространственных знаний // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2022. – Т. 66, № 4. – С. 51–58. – DOI 10.30533/0536-101X-2022-66-4-51-58.
4. Антонов Е. С., Лисицкий Д. В., Янкелевич С. С. Теоретико-методологическое представление прямого перехода от геоинформации к геознаниям // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 82–90.
5. Самсонов Т. Е., Якимова О. П. Анализ эффективности ограничивающих метрик алгоритмов геометрического упрощения на основе экспертной оценки детализации линий // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : сб. материалов Междунар. конф. – М. : Географический факультет МГУ, 2021. Т. 27, ч. 2. – С. 253–267. – DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-253-267.
6. Wielebski Ł., Medyńska-Gulij B. User Evaluation of Thematic Maps on Operational Areas of Rescue Helicopters // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2023. – Vol. 12 (2). – P. 30. – DOI 10.3390/ijgi12020030.
7. Ledermann F. Minimum dimensions for cartographic symbology – history, rationale and relevance in the digital age // International Journal of Cartography. – 2023. – Vol. 9 (2). – P. 319–341. – DOI 10.1080/23729333.2023.2165218.
8. Nelson J. K. Cartography & geovisual analytics in personal contexts: designing for the data creator // International Journal of Cartography. – 2023. – Vol. 9 (2). – P. 210–230. – DOI 10.1080/23729333.2023.2189431.
9. Лонский И. И., Степанченко А. Л., Шлапак В. В. Качество картографического произведения // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. – Т. 64, № 5. – С. 541–544. – DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-5-541-544.
10. Варшанина Т. П., Хунагов Р. Д., Коробков В. Н. Информативность геоинформационной вычислительной визуализации процессов формирования природных объектов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : сб. материалов Междунар. конф. – М. : Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28, ч. 1. – С. 508–522. – DOI 10.35595/2414-9179-2022-1-28-508-522.
11. Грибок М. В. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников: анализ возможностей визуализации с помощью интерактивной инфографики // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : сб. материалов Междунар. конф. – М. : Географический факультет МГУ, 2021. Т. 27, ч. 2. – С. 315–326. – DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-315-326.
12. Евсеев А. В., Красовская Т. М., Тикунов В. С. Конфликты природопользования в арктической зоне РФ: методология выявления и картографирования // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. – 2022. – № 1. – С. 5–12.
13. Колесников С. Ф., Сладкопепцев С. А., Луговской А. М. Проблемы и перспективы картографического обеспечения геоэкологии // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. – Т. 64, № 3. – С. 298–304. – DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-3-298-304.

14. Малхазова С. М., Миронова В. А., Пестина П. В., Прасолова А. И. География новых и возвращающихся природно-очаговых болезней в России // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 488, № 2. – С. 202–206. – DOI 10.31857/S0869-56524882202-206.
15. Петрова К. А. Картографирование населения в контексте социально-экономического развития // Изв. вузов. Геодезия и аэросъемка. – 2021. – Т. 65, № 4. – С. 442–451. – DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-4-442-451.
16. Тикунов В. С., Котова Т. В., Белоусов С. К. Экологическое состояние: определение, показатели, картографирование // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : сб. материалов Междунар. конф. – М. : Географический факультет МГУ, 2021. Т. 27, ч. 1. – С. 165–194. – DOI 10.35595/2414-9179-2021-1-27-165-194.
17. Malkhazova S. M., Pestina P. V., Tikunov V. S. Emerging and re-emerging natural focal diseases of European Russia (typological classification of nosological profiles and dynamics of incidence) // Geography, environment, sustainability. – 2020. – Vol. 13 (1). – P. 115–127. – DOI 10.24057/2071-9388-2019-61.
18. Тикунов В. С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (опыт формальных классификаций). – М. – Смоленск : СГУ, 1997. – 367 с.
19. Gu Y., Kraak M. J., Engelhardt Y., Mocnik F. B. A classification scheme for static origin–destination data visualizations // International Journal of Geographical Information Science. – 2023. – Vol. 37:9. – P. 1970–1997. – DOI 10.1080/13658816.2023.2234001.
20. Мировая статистика здравоохранения, 2020 г: мониторинг показателей здоровья в отношении ЦУР, целей в области устойчивого развития [Электронный ресурс]. – Женева : Всемирная организация здравоохранения. – Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332070/9789240011977-rus.pdf?sequence=32&isAllowed=y>.
21. Паспорт национального проекта «Здравоохранение», 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/gWYJ4OsAhPOweWaJkIprKDEpregEcduI.pdf>.
22. Руководство по ранней диагностике рака [Электронный ресурс]. – Женева : Всемирная организация здравоохранения. – 2018. – Режим доступа: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272264/9789244511947-rus.pdf>.
23. Паспорт федерального проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями», 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/058/512/original/Bor'ba\\_s\\_onkologicheskimi\\_zabolevaniyami.pdf?1639050118](https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/058/512/original/Bor'ba_s_onkologicheskimi_zabolevaniyami.pdf?1639050118).
24. О методических рекомендациях по организации центров амбулаторной онкологической помощи в субъектах РФ [Электронный ресурс] : Письмо Минздрава РФ от 17.08.2021 № 17-4/3549. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
25. Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при онкологических заболеваниях [Электронный ресурс] : Приказ Минздрава РФ от 19.02.2021 № 116н (с изменениями на 24.01.2022). – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573956757#6500IL>.
26. Global geocancerology / Ed. by G. M. Howe. – Edinburg : Churchill Livingstone, 2006. – 350 p.
27. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, А. О. Шахзадовой. – М. : МНИОИ им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2021. – 252 с.
28. Белицкий Г. А., Кирсанов К. И., Лесовая Е. А., Максимова В. П., Соленова Л. Г., Якубовская М. Г. Химический канцерогенез и первичная профилактика рака. – М. : АБВ-пресс, 2020. – 492 с.

#### Author details

*Владимир Сергеевич Тикунов* – доктор географических наук, профессор, географический факультет.

*Тамара Валентиновна Ватлина* – кандидат географических наук, доцент кафедры географии, естественно-географический факультет.

*Владислав Романович Гайдуков* – аспирант, географический факультет.

*Ирина Николаевна Тикунова* – кандидат географических наук, научный сотрудник, географический факультет.

Получено 03.09.2023

© В. С. Тикунов, Т. В. Ватлина, В. Р. Гайдуков, И. Н. Тикунова, 2023

## Methods of spatial analysis of medical and statistical information

V. S. Tikunov<sup>1</sup>, T. V. Vatlina<sup>2\*</sup>, V. R. Gaidukov<sup>1</sup>, I. N. Tikunova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Smolensk State University, Smolensk, Russian Federation

\* e-mail: vatlina\_geo@mail.ru

**Abstract.** The article considers modern research directions in the field of thematic mapping, as well as approaches to the quality assessment of cartographic materials. Comprehensive spatial analysis of medical and statistical information is an important link in the system of public health assessment. Reduction of mortality from malignant neoplasms is an urgent and socially significant problem. By analyzing this connection, the study shows the possibilities of mathematical and cartographic modeling to analyze the territorial features of the level and structure of mortality at the level of the subjects of the Russian Federation on the example of the analysis of mortality of the male population of Russia from malignant neoplasms. The proposed methodology of spatial analysis of medical and statistical information allows us to obtain a highly informative integral assessment of the state of public health.

**Keywords:** cartographic visualization, map functions, typological classification, mathematical and cartographic modeling, population mortality from malignant neoplasms

### REFERENCES

1. Salishchev, K. A. (1982). *Kartovedenie [Cartography]*. Moscow: MSU Publ., 408 p. [in Russian].
2. Yankelevich, S. S. (2020). Functions of the map in the conditions of post-industrial era // *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 25(2), 160–168. DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-2-160-168. [in Russian].
3. Yankelevich, S. S. (2022). Theoretical and methodological aspects of thematic cartography on the basis of geospatial knowledge. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 66(4), 51–58. DOI 10.30533/0536-101X-2022-66-4-51-58 [in Russian].
4. Antonov, E. S., Lisitsky, D. V., & Yankelevich, S. S. (2021). Theoretical and methodological representation of direct transition from geoinformation to geocognition. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(2), 82–90 [in Russian].
5. Samsonov, T. E., & Yakimova, O. P. (2021). Analysis of the effectiveness of constraining metrics of geometric simplification algorithms based on expert evaluation of line detail. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy konferencii: T. 27, ch. 2. InterKarto. InterGIS. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij [Proceedings of the International Conference: Vol. 27. Part 2. InterCarto. InterGIS. GI Support of Sustainable Development of Territories]* (pp. 253–267). Moscow: MSU Publ., Faculty of Geography. DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-253-267 [in Russian].
6. Wielebski, Ł., & Medyńska-Gulij, B. (2023). User Evaluation of Thematic Maps on Operational Areas of Rescue Helicopters. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(2), P. 30. DOI 10.3390/ijgi12020030.
7. Ledermann, F. (2023). Minimum dimensions for cartographic symbology – history, rationale and relevance in the digital age. *International Journal of Cartography*, 9(2), 319–341. DOI 10.1080/23729333.2023.2165218.
8. Nelson, J. K. (2023). Cartography & geovisual analytics in personal contexts: designing for the data creator. *International Journal of Cartography*, 9(2), 210–230. DOI:10.1080/23729333.2023.2189431.
9. Lonskiy, I. I., Stepanchenko, A. L., & Shlapak, V. V. (2020). Quality of cartographic work. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 64(5), 541–544. DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-5-541-544 [in Russian].
10. Varshanina, T. P., Khunagov, R. D., & Korobkov, V. N. (2022). Information content of geoinformation computational visualization of natural object formation processes. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy konferencii: T. 28, ch. 1. InterKarto. InterGIS. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij [Proceedings of the International Conference: Vol. 28. Part 1. InterCarto. InterGIS. GI Support of Sustainable Development of Territories]* (pp. 508–522). Moscow: MSU Publ., Faculty of Geography. DOI 10.35595/2414-9179-2022-1-28-508-522 [in Russian].
11. Gribok, M. V. (2021). Air pollution from stationary sources: analysis of visualization capabilities using interactive infographics. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy konferencii: T. 27, ch. 2. InterKarto. InterGIS.*



*Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij [Proceedings of the International Conference: Vol. 27. Part 2. InterCarto. InterGIS. GI Support of Sustainable Development of Territories]* (pp. 315–326). Moscow: MSU Publ., Faculty of Geography. DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-315-326 [in Russian].

12. Evseev, A. V., Krasovskaya, T. M., & Tikunov, V. S. (2022). Nature use conflicts in the Arctic zone of the Russian Federation: methodology of identification and mapping. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya [Vestnik of Moscow University. Series 5. Geography]*, 1, 5–12 [in Russian].

13. Kolesnikov, S. F., Sladkopevtsev, S. A., Lugovskoy, A. M. (2020). Problems and prospects of cartographic support of geoecology. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 64(3), 298–304. DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-3-298-304 [in Russian].

14. Malkhazova, S. M., Mironova, V. A., Pestina, P. V., & Prasolova, A. I. (2019). Geography of emerging and re-emerging natural focal diseases in Russia. *Doklady Akademii nauk [Reports of the Academy of Sciences]*, 488(2), 202–206. DOI 10.31857/S0869-56524882202-206 [in Russian].

15. Petrova, K. A. (2021). Population mapping in the context of socio-economic development. *Izvestia vuzov. Geodeziya I aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 65(4), 442–451. DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-4-442-451 [in Russian].

16. Tikunov, V. S., Kotova, T. V., & Belousov, S. K. (2021). Environmental conditions: definition, indicators, mapping. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy konferencii: T. 27, ch. 1. InterKarto. InterGIS. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij [Proceedings of the International Conference: Vol. 27. Part 1. InterCarto. InterGIS. GI Support of Sustainable Development of Territories]* (pp. 165–194). Moscow: MSU Publ., Faculty of Geography. DOI 10.35595/2414-9179-2021-1-27-165-194 [in Russian].

17. Malkhazova, S. M., Pestina, P. V., & Tikunov, V. S. (2020). Emerging and re-emerging natural focal diseases of European Russia (typological classification of nosological profiles and dynamics of incidence). *Geography, Environment, Sustainability*, 13(1), 115–127. DOI 10.24057/2071-9388-2019-61.

18. Tikunov, V. S. (1997). *Klassifikacii v geografii: renessans ili uvyadanie? (opyt formal'nyh klassifikacij) [Classifications in geography: renaissance or decline? (experience of formal classifications)]*. Moscow-Smolensk: SGU Publ., 367 p. [in Russian].

19. Gu, Y., Kraak, M. J., Engelhardt, Y., & Mocnik, F. B. (2023). A classification scheme for static origin–destination data visualizations. *International Journal of Geographical Information Science*, 37(9), 1970–1997. DOI 10.1080/13658816.2023.2234001.

20. World health statistics 2020: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332070/9789240011977-rus.pdf?sequence=32&isAllowed=y> [in Russian].

21. Passport of the national project «Health Care». (2018). Retrieved from <http://static.government.ru/media/files/gWYJ4OsAhPOweWaJk1prKDEpregEcduI.pdf> [in Russian].

22. Guide to cancer early diagnosis. (2018). Geneva: World Health Organization. Retrieved from <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272264/9789244511947-rus.pdf> [in Russian].

23. Passport of the federal project "Fighting cancer". (2019). Retrieved from [https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/058/512/original/Bor'ba\\_s\\_onkologicheskimi\\_zabolevan\\_iyami.pdf?1639050118](https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/058/512/original/Bor'ba_s_onkologicheskimi_zabolevan_iyami.pdf?1639050118) [in Russian].

24. Letter of the Ministry of Health of the Russian Federation of August 17, 2021 No. 17-4/3549. On methodological recommendations on the organization of centers of outpatient oncological care in the subjects of the Russian Federation. Retrieved from [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_393975/96c60c11ee5b73882df84a7de3c4fb18f1a01961/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_393975/96c60c11ee5b73882df84a7de3c4fb18f1a01961/) [in Russian].

25. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of February 19, 2021 No. 116n (as amended as of January 24, 2022). On Approval of the Procedure for the provision of medical care to the adult population with oncologic diseases. Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/573956757#6500IL> [in Russian].

26. Howe, G. M. (Ed.). (2006). *Global geocancerology*. Edinburg: Churchill Livingstone, 350 p.

27. Kaprin, A. D., Starinsky, V. V., & Shakhzadova, A. O. (2021). *Zlokachestvennye novoobrazovaniya v Rossii v 2020 godu (zabolevaemost' i smertnost') [Malignant neoplasms in Russia in 2020 (morbidity and mortality)]*. Moscow: P. A. Herzen MNIOI – branch of FGBU "NMRC Radiology" of the Ministry of Health of Russia, 252 p. [in Russian].

28. Belitsky, G. A., Kirsanov, K. I., Lesovaya, E. A., Maximova, V. P., Solenova, L. G., & Yakubovskaya, M. G. (2020). *Himicheskij kancerogenez i pervichnaya profilaktika raka [Chemical carcinogenesis and primary prevention of cancer]*. Moscow: ABB Press, 492 p. [in Russian].

**Author details**

*Vladimir S. Tikunov* – D. Sc., Professor, Department of Geography.

*Tamara V. Vatlina* – Ph. D., Associate Professor, Department of Geography.

*Vladislav R. Gaidukov* – Ph. D. Student, Faculty of Geography.

*Irina N. Tikunova* – Ph. D., Researcher, Department of Geography.

Received 03.09.2023

© *V. S. Tikunov, T. V. Vatlina, V. R. Gaidukov, I. N. Tikunova, 2023*