



ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИНАМИКИ COVID-19 НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2020–2023 ГГ.

Н.В. Юминова¹, Н.А. Контаров^{1,2}, Е.И. Долгова¹

¹ Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова, Москва, Россия

² Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Assesment of spatial dynamics of COVID-19 in the territory of the Russian Federation in 2020–2023

N.V. Yuminova¹, N.A. Kontarov^{1,2}, E.I. Dolgova¹

¹ Research Institute of Vaccines and Sera named after I.I. Mechnikov, Moscow, Russia

² First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University), Moscow, Russia

Резюме

Вирус SARS-CoV-2, выделенный впервые в Китае в 2019 г., запустил эпидемию и парализовал мировое здравоохранение всего за несколько месяцев. В данной статье мы приводим результаты математического анализа данных о заболеваемости от COVID-19 в России с 2020 по 2023 г. Приведена структурная характеристика заболеваемости данной инфекцией для популяции Москвы, Санкт-Петербурга и Севастополя на основании расчета коэффициента Рябцева. Территориальная концентрация заболеваемости в России оценена динамически с помощью вычисления индекса Херфиндала — Хиршмана.

Ключевые слова: SARS-CoV-2, COVID-19, коэффициент Рябцева, индекс Херфиндала — Хиршмана.

Abstract

SARS-CoV-2 virus, first isolated in China in 2019, launched an epidemic and paralysed global health care in just a few months. In this article we present the results of a mathematical analysis of data on morbidity for COVID-19 in Russia in 2020–2023. The structural characteristics of morbidity from this disease for the population of Moscow, St. Petersburg and Sevastopol are given based on the calculation of the Ryabtsev coefficient. The territorial concentration of morbidity in Russia was assessed dynamically by calculating the Herfindahl-Hirshman index.

Key words: SARS-CoV-2, COVID-19, Ryabtsev coefficient, Herfindahl-Hirshman index.

Введение

Появившись в 2019 г., быстро распространившись и запустив эпидемию, SARS-CoV-2 до сих пор вызывает больше вопросов, нежели дает ответы на них. Помимо изучения структуры и свойств самого вируса, его патогенеза, интересен анализ миграции вирусной нагрузки COVID-19 в популяции, в частности, в России.

Цель исследования — исследование территориального перераспределения заболеваемости COVID-19 как сравнительная оценка изменения эпидемиологической нагрузки на уровнях городов и субъектов Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

Изучены данные ежедневной заболеваемости и летальности, полученные с сайта стопкоронавирус.рф. [1], для 85 субъектов Российской Федерации с марта 2020 г. по сентябрь 2023 г. Проведен

расчет долевого вклада в общую заболеваемость COVID-19 в России для каждого субъекта РФ (d) [2]. Для этого рассчитали d вычислением отношения заражения в субъекте РФ к общему числу зараженных в России:

$$d_i = \frac{x_i}{X} \quad (1),$$

где d_i — доля, которую составляет численность заболевших в i -м субъекте РФ по отношению ко всей России, x_i — число заразившихся в i -м субъекте РФ за сутки, X — общее число заражений за сутки в России.

Структурная характеристика летальности для указанных городов России выполнена с помощью расчета коэффициента Рябцева (I_R) [3]. Данный индекс удобен в использовании тем, что, во-первых, не зависит от числа градаций структур, во-вторых, имеет собственную шкалу оценки меры существенности структурных различий.

$$I_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - d_j)^2}{\sum_{i=1}^n (d_i + d_j)^2}} \quad (2)$$

Коэффициент Рябцева соотносит фактическую меру расхождения значения компонентов 2 структур с их максимально возможным значением. d_i — доля заболевших в интересующем году, d_j — доля заболевших в базисном году. В качестве базисных были выбраны данные 2020 г.

Динамическая оценка территориальной концентрации заболеваемости COVID-19 для 85 субъектов РФ дана при помощи вычисления индекса Херфиндаля — Хиршмана (ННН). Территориальная концентрация заболеваемости — это величина вклада заболеваемости инфекцией в конкретном регионе или населенном пункте в общую заболеваемость по стране. Индекс Херфиндаля — Хиршмана — это статистический инструмент, обычно используемый для анализа концентрации рынка или объема отдельной корпорации. Рассчитывается по формуле [4]:

$$ННН = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2 \quad (3)$$

d — доля заразившихся SARS-CoV-2 в исследуемом году в данном субъекте РФ, равно 85, т.к. исследовались данные по 85 субъектам РФ. Безусловным преимуществом этих расчетов является их простота.

Результаты исследования

Для исследования качественной характеристики структурных различий заболеваемости COVID-19 в Москве, Санкт-Петербурге и Севастополе рассчитан коэффициент Рябцева (I_R) для 2021, 2022 и 2023 гг. 2020 г. принят за базисный год. Результаты представлены в таблице 1. В столице России I_R составил 0,175 для 2021 г., 0,344 для 2022 г. и 0,358 для 2023 г. по сравнению с 2020 г. В Санкт-Петербурге коэффициент Рябцева равнялся 0,337 для 2021/2020 гг. и 2023/2020 гг., 0,335 в 2022/2020 гг. В Севастополе величина I_R была равна 0,593 в 2021 г., 0,676 в 2022 г. и 0,667 в 2023 г. по сравнению с базисным 2020 г.

Таблица 1

Величина индекса территориального перераспределения Рябцева (I_R)

Период	Москва	Петербург	Севастополь
2020 — 2021	0,175	0,337	0,593
2020 — 2022	0,344	0,335	0,676
2020 — 2023	0,358	0,337	0,667

Анализ степени концентрации заболеваемости COVID-19 выполнен с помощью расчета индекса Херфиндаля — Хиршмана (ННН). Снижение данного показателя свидетельствует об однородности территориальной концентрации заболеваемости. Величина ННН для России в 2020 — 2023 гг. приведена в таблице 2.

Таблица 2

Значение индекса Херфиндаля — Хиршмана в России (ННН)

Величина индекса Херфиндаля — Хиршмана для 85 субъектов РФ				
Год	2020	2021	2022	2023
ННН	0,117	0,068	0,043	0,042

Обсуждение

Расчёты показали рост коэффициента Рябцева в Москве с 2021 по 2023 г. с 0,176 до 0,356, обозначив переход из категории структур с существенными различиями в группу со значительными различиями территориального распределения COVID-19 в мегаполисе за 3 года [5].

В Севастополе данный индекс также увеличился с 0,594 до 0,667. Однако значение I_R на протяжении всех 3 исследуемых лет показывает весьма значительный уровень различий в территориальном распределении вируса. С 2020 по 2023 г. Севастополь, несмотря на рост коэффициента Рябцева, не менял категорию классификации по шкале структурных различий. Примечательно, что в Санкт-Петербурге для 2021 — 2023 гг. значение показателя Рябцева практически не менялось. Это характеризует северную столицу как стабильную структуру относительно территориального перераспределения заболеваемости COVID-19. Полученные результаты для Санкт-Петербурга имеет смысл сравнить с данными, полученными для Москвы, т.к. оба города являются миллионниками, с отличающейся примерно в два раза численностью населения. Изменения изученных в работе статистических параметров для Севастополя следует рассматривать отдельно, сравнивая его с городами со схожей величиной людности, поскольку на территории РФ иерархическое распределение городов по численности населения не подчиняется известному закону Ципфа. Это предстоит сделать в дальнейших исследованиях. В данной работе результаты для Севастополя приведены с целью показать количественные различия для изучаемых статистических параметров в сравнении с двумя городами-миллионниками. Что касается северной столицы, то полученные результаты, на наш взгляд, могут быть объяснены различным пассажиропотоком через аэропорт Пулково по срав-

нению с аэропортами Москвы, поскольку именно через аэропорты в первую очередь происходило распространение COVID-19, в особенности в начале пандемии. В связи с этим нами проведен анализ динамики общего пассажиропотока через аэропорты Москвы и аэропорт Санкт-Петербурга в 2020 – 2023 гг. (рис.).

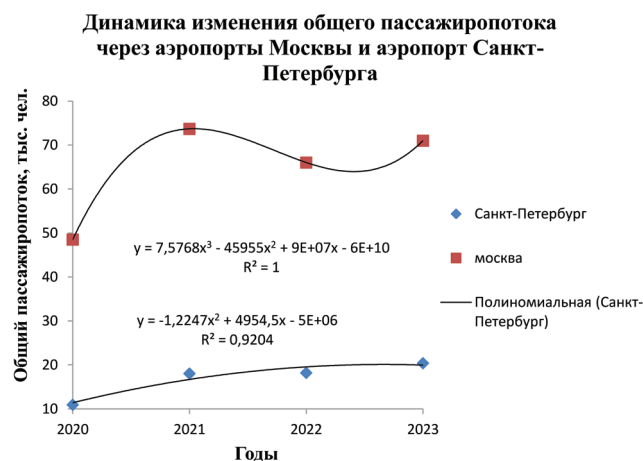


Рис. Динамика изменения общего пассажиропотока через аэропорты Москвы и аэропорт Санкт-Петербурга

Из рисунка видно, что динамика пассажиропотока через аэропорты Москвы и Санкт-Петербурга выражено отличаются, в частности, динамика пассажиропотока через Пулково определяется полиномиальной зависимостью с выходом на плато, начиная с 2021 г., в отличие от того же показателя для аэропортов Москвы, для которого характерна полиномиальная зависимость с двумя локальными экстремумами. Этим обстоятельством можно объяснить почти не меняющиеся значения коэффициента Рябцева для заболеваемости на исследуемом временном интервале в северной столице, в отличие от Москвы, поскольку данный параметр отображает структурные изменения распространения инфекции на основании данных по заболеваемости в зависимости от различий социально-экономических факторов для конкретной территории, влияющих на пандемический процесс. К основным факторам такого рода вполне можно отнести величину общего пассажиропотока через аэропорты двух столиц. Величина индекса Херфиндала – Хиршмана, рассчитанного для России, снижалась с начала эпидемии в 2020 г. и к февралю 2023 г. составляла менее 0,1. Эти расчеты свидетельствуют о снижении и об однородности территориальной концентрации заболеваемости коронавирусом SARS-CoV-2 в Российской Федерации к началу 2023 г.

Заключение

В 2020 – 2023 гг. в Москве и Севастополе происходили территориальные перераспределения заболеваемости COVID-19, отражающиеся в повышении коэффициента Рябцева. Популяция Санкт-Петербурга проявила себя как территориально стабильная структура относительно SARS-CoV-2 инфекции. Таким образом, показано, что поведение инфекции в популяции структурно отличается в 3 городах. В Москве и Севастополе со временем увеличивается мера степени структурного расхождения. Во всех 3 исследованных городах степень различий высокая, начиная с существенной.

С течением времени показатель территориальной концентрации заболеваемости COVID-19 для популяции России уменьшается. Снижение коэффициента Херфиндала – Хиршмана говорит об однородности территориальной концентрации инфекции в 2023 г. по сравнению с 2020 г.

Увеличение степени структурного расхождения и однородности концентрации заболеваемости SARS-CoV-2 свидетельствует о том, что инфекция в Российской Федерации стала контролируемой.

Литература

- <https://xn--80aapamcavoccigmpc9ab4d0fkj.xn--p1ai/projects/stopkoronavirus-rf/>
- Статистика коронавируса по регионам России (russian-trade.com).
- Секички-Павленко, О.О. Оценка структурных сдвигов возрастного состава населения регионов России / О.О. Секички-Павленко // Human Progress. — 2023. — Т. 9. — Вып. 2. — DOI 10.34709/IM.192.12.
- Brezina I., Pekár J., Čičková Z. et al. Herfindal-Hirshman index level of concentration values modification and analysis of their change / Brezina I., Pekár J., Čičková Z. et al. // Central European Journal of operations Research. — 2016. — V. 24. — P. 49 – 72
- Строева, Г.Н. Оценка сдвигов и различий в занятости населения субъектов ДФО / Г.Н. Строева, А.Д. Горелова // Вестник ТОГУ. — 2018. — № 2 (49).

References

- <https://xn--80aapamcavoccigmpc9ab4d0fkj.xn--p1ai/projects/stopkoronavirus-rf/>
- Статистика коронавируса по регионам России (russian-trade.com)
- Sekicki-Pavlenko O.O. Ocenka strukturnykh sdvigoz voznrastnogo sostava naseleniya regionov Rossii / Sekicki-Pavlenko O.O. // HumanProgress. — 2023. — Т. 9. — Выпуск 2. - DOI 10.34709/IM.192.12.
- Brezina I., Pekár J., Čičková Z. et al. Herfindal-Hirshman index level of concentration values modification and analysis of their change / Brezina I., Pekár J., Čičková Z. et al. // Central European Journal of operations Research. — 2016. — V. 24. — P. 49 – 72
- Stroeva G.N., Gorelova A.D. Ocenka sdvigoz i razlichij v zanyatosti naseleniya sub"ektov DFO / Stroeva G.N., Gorelova A.D. // Vestnik TOGU. — 2018. - №2 (49)

Авторский коллектив:

Юминова Надежда Васильевна — заместитель руководителя отдела вирусологии им. О.Г. Анджпаридзе, профессор отдела аспирантуры Научно-исследовательского института вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова, д.б.н., профессор; e-mail: yuminova@mail.ru

Контаров Николай Александрович — ведущий научный сотрудник отдела вирусологии им. О.Г. Анджпаридзе Научно-исследовательского института вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова; доцент кафедры медицинской и биологической физики Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовского Университета), к.б.н.; e-mail: kontarov@mail.ru

Долгова Екатерина Игоревна — младший научный сотрудник лаборатории детских вирусных инфекций Научно-исследовательского института вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова; e-mail: doc.ekaterina.doigova@ya.ru