

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-5-58-71>

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2021

Математическая модель обобщенной оценки рейтинга сходных объектов на основе статистических данных с позиций эпидемиологической безопасности (на примере заболеваемости COVID-19 в регионах ПФО)

Караулов В. М.,

Вятский государственный университет,
610000, Россия, Приволжский федеральный округ,
Кировская область, г. Киров,
ул. Московская, д. 36

Караулова Л. В.,

Кировский государственный медицинский университет,
610998, Россия, Приволжский федеральный округ,
Кировская область, г. Киров,
ул. К. Маркса, д. 112

Каранина Е. В.*,

Вятский государственный университет,
610000, Россия, Приволжский федеральный округ,
Кировская область, г. Киров,
ул. Московская, д. 36

Аннотация

В статье описываются механизм и инструментарий обобщенной оценки заболеваемости COVID-19 в регионах РФ. Математическая модель включает нормировку относительных показателей заболеваемости, что позволяет сравнивать уровень заболеваемости в различных регионах и степень изменения риска заболеваемости. На основе разработанной шкалы эпидемиологической безопасности и риска распространения заболевания осуществляется оценка уровня заболевания и распространения COVID-19 в субъектах Приволжского федерального округа.

Актуальность исследования обусловлена тем, что сравнительный анализ заболеваемости COVID-19 по регионам в настоящее время является одним из основных условий выявления факторов распространения/локализации заболевания, оценки эффективности прилагаемых усилий и разработки системы мероприятий по противодействию распространения заболевания.

Ключевые слова: оценка эпидемиологической обстановки, эпидемиологическая безопасность, математическая модель, статистический анализ.

Для цитирования: Караулов В. М., Караулова Л. В., Каранина Е. В. Математическая модель обобщенной оценки рейтинга сходных объектов на основе статистических данных с позиций эпидемиологической безопасности (на примере заболеваемости COVID-19 в регионах ПФО) // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 5. С. 58—71, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-5-58-71>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Mathematical Model of Generalized Assessment of the Rating of Similar Objects Based on Statistical Data from the Standpoint of Epidemiological Safety (on the Example of the Incidence of COVID-19 in the Regions of the Volga Federal District)

Vasily M. Karaulov,

Vyatka State University,
Moscow str., 36, Kirov, 610000,
Volga Federal District, Kirov
Region, Russia

Larisa V. Karaulova,

Kirov State Medical University,
K. Marx str., 112, Kirov, 610998,
Volga Federal District, Kirov
Region, Russia

Elena V. Karanina*,

Vyatka State University,
Moscow str., 36, Kirov, 610000,
Volga Federal District, Kirov
Region, Russia

Abstract

The article describes the construction of a generalized assessment of the incidence of COVID-19 in the regions of the Russian Federation. The mathematical model includes normalization of relative morbidity indicators, which allows comparing the incidence rate in different regions and the degree of change in morbidity. Based on the developed scale of epidemiological safety and the risk of disease spread, the assessment of the level of disease and the spread of COVID-19 in the subjects of the Volga Federal District is carried out.

The relevance of the study is due to the fact that a comparative analysis of the incidence of COVID-19 by region is currently one of the main conditions for identifying factors in the spread/localization of the disease, assessing the effectiveness of efforts and developing a system of measures to counter the spread of the disease.

Keywords: assessment of the epidemiological situation, epidemiological safety, mathematical model, statistical analysis.

For citation: Karaulov V. M., Karaulova L. V., Karanina E. V. Mathematical model of generalized assessment of the rating of similar objects based on statistical data from the standpoint of epidemiological safety (on the example of the incidence of COVID-19 in the regions of the Volga Federal District) // Issues of Risk Analysis. Vol. 18. 2021. No. 5. P. 58—71, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-5-58-71>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Исходные данные и отбор системы относительных показателей

2. Методика расчета нормированной оценки тяжести эпидемиологической обстановки с учетом пороговых значений

Заключение

Литература

Введение

Вопросами оценки уровня заболеваемости, например по туберкулезу, гепатиту и другим вирусным заболеваниям, занимались различные ученые, в частности Астафьев В. А., Савилов Е. Д., Сазыкин В. Л., Слободенюк А. В. и другие [1, 2—5]. К сожалению, предлагаемые ими методы оценки уровня заболеваемости не позволяют проводить сравнительный анализ во временном разрезе и оценивать уровень эпидемиологической безопасности и угроз распространения заболевания. Целью данной статьи является расширение возможностей анализа на основе математико-статистических методов для сравнительной оценки эпидемиологической обстановки в условиях распространения коронавирусной инфекции COVID-19. Были поставлены следующие задачи:

- провести отбор системы относительных показателей уровня заболеваемости;
- разработать методику расчета нормированной оценки тяжести эпидемиологической обстановки с учетом пороговых значений;
- оценить эпидемиологическую обстановку в регионах Приволжского Федерального округа (в дальнейшем ПФО), уровень эпидемиологической безопасности и рисков распространения заболеваний с учетом разработанной методики.

1. Исходные данные и отбор системы относительных показателей

В качестве исходных данных о тяжести эпидемиологической обстановки в регионах выступают абсолютные показатели числа новых случаев заболевания, общего числа заболевших, умерших и т. п. Для сравнения ситуации в регионах обычно рассчитываются различные относительные показатели [6]:

- интенсивный коэффициент заболеваемости за период (общее число заболевших в расчете на 1000 населения данной территории);
- смертность населения (общее число умерших в расчете на 1000 населения данной территории);
- летальность (доля умерших от данной болезни от общего числа заболевших за определенный период) и т. п.

Исходной информацией для исследования послужили статистические данные, представленные в открытом доступе: общие статистические дан-

ные о численности населения [7] и ежедневно обновляемые данные о заболеваемости COVID-19 по РФ в региональном разрезе на сайте «Статистика коронавируса по регионам России» [8] за период с 01.05.2020 по 28.02.2021:

- общее число заражений, смертей и выздоровлений за весь период с начала пандемии;
- число новых случаев заражения, смертей и выздоровлений и число зараженных на каждую дату.

На основании абсолютных показателей на каждую дату могут быть рассчитаны различные относительные показатели, позволяющие сравнить ситуацию в регионах. Однако на динамику абсолютных показателей оказывает влияние случайная составляющая, а значит, динамические ряды относительных показателей будут характеризоваться большой колеблемостью, что затруднит их сравнительный анализ по регионам. Поэтому представляется целесообразным провести предварительное выравнивание динамических рядов по каждому абсолютному показателю. Один из наиболее простых способов выравнивания — метод укрупнения интервалов. В медицинской практике для анализа эпидемиологической обстановки часто сравниваются относительные показатели по месяцам или годам. Однако, если ситуация с заболеваемостью достаточно быстро меняется, длина интервала должна выбираться так, чтобы была возможность не только оценивать динамику показателей, но и делать выводы об эффективности введения (ужесточения, ослабления) мер по противодействию распространению заболевания. Эффект от подобных мероприятий начинает сказываться только через определенный период, поэтому в качестве укрупненного интервала рекомендуется взять среднюю продолжительность инкубационного периода заболевания. Поскольку инкубационный период COVID-19 обычно составляет от 5 до 14 дней, в рамках данной работы предлагается разбить каждый месяц по декадам. В данной работе анализируются данные о заболеваемости COVID-19 в регионах ПФО с 01.05.2020 по 28.02.2021 и, таким образом, охватывается период длиной 10 месяцев, или 30 декад.

Для каждой декады рассчитываются средние значения абсолютных показателей заболеваемости COVID-19, а также четыре относительных показателя [9]:

- соотношение числа новых случаев заражения и выздоровления за день

$$\frac{З}{В} = \frac{\text{число новых случаев заражения за день}}{\text{число новых случаев выздоровления за день}};$$

- уровень смертности (в расчете на 1000 зараженных)

$$С = \frac{\text{число новых смертных случаев за день}}{\text{число зараженных}} \times 1000;$$

- уровень зараженности (число зараженных в расчете на 1000 населения)

$$УЗ = \frac{\text{число зараженных}}{\text{численность населения}} \times 1000;$$

- уровень новых случаев заражения в расчете на 1000 еще не болевшего населения (поскольку вторичные случаи заражения достаточно редки, а вакцинация еще не производилась, число не болевшего населения рассчитывается как разность численности населения и общего числа заражений с начала пандемии)

$$З = \frac{\text{число новых случаев заражения}}{\text{численность населения} - \text{общее число зараженных}} \times 1000.$$

В табл. 1 продемонстрирован расчет относительных показателей за первую декаду (с 01.05.2020 по 10.05.2020).

Аналогично рассчитываются относительные показатели за остальные 29 декад.

Таблица 1. Расчет относительных показателей заболеваемости COVID-19 в регионах ПФО за период с 01.05.2020 по 10.05.2020

Table 1. Calculation of the relative incidence rates of COVID-19 in the regions of the Volga Federal District for the period from 05/01/2020 to 05/10/2020

Регион	Численность населения, чел.	Число зараженных с начала пандемии	Общее число зараженных	Новые случаи заражения	Новые случаи смертности	Новые случаи выздоровления	З/В	С	З	УЗ
Респ. Башкортостан	4 038 151	1168,0	881,9	72,5	0,1	31,5	2,30	0,11	0,02	0,22
Респ. Марий Эл	679 417	758,7	289,9	33,7	0,3	29,0	1,16	1,03	0,05	0,43
Респ. Мордовия	790 197	939,1	798,4	45,0	0,5	14,4	3,13	0,63	0,06	1,01
Респ. Татарстан	3 902 888	1269,0	1079,6	84,8	0,4	27,7	3,06	0,37	0,02	0,28
Респ. Удмуртия	1 500 955	315,3	232,9	14,2	0,3	9,8	1,45	1,29	0,01	0,16
Респ. Чувашия	1 217 818	875,8	709,7	55,8	0,0	10,8	5,17	0,00	0,05	0,58
Пермский край	2 599 269	652,2	397,2	24,3	0,4	30,0	0,81	1,01	0,01	0,15
Кировская обл.	1 262 402	653,4	535,6	31,4	0,0	19,4	1,62	0,00	0,02	0,42
Нижегородская обл.	3 202 946	3255,5	2789,3	249,8	1,7	43,5	5,74	0,61	0,08	0,87
Оренбургская обл.	1 956 835	745,1	518,2	41,7	0,2	16,5	2,53	0,39	0,02	0,26
Пензенская обл.	1 305 563	595,0	374,2	36,0	0,1	23,4	1,54	0,27	0,03	0,29
Самарская обл.	3 179 532	656,5	575,6	58,4	0,4	9,0	6,49	0,69	0,02	0,18
Саратовская обл.	2 421 895	774,7	643,5	63,8	0,2	18,4	3,47	0,31	0,03	0,27
Ульяновская обл.	1 229 824	589,2	484,3	40,1	0,0	9,7	4,13	0,00	0,03	0,39

Ставится задача на основании найденных относительных показателей дать общую оценку сложившейся эпидемиологической ситуации в регионах. В отличие от публикации [9] требования к оценке повышаются — она должна позволять сравнивать тяжесть эпидемиологической ситуации в регионах друг с другом как в определенный период (декаду), так и в динамике. Кроме того, обобщенная оценка должна принимать значения из такого диапазона, который позволял бы ввести шкалы эпидемиологической безопасности и риска ухудшения эпидемиологической обстановки.

2. Методика расчета нормированной оценки тяжести эпидемиологической обстановки с учетом пороговых значений

В настоящее время существуют различные методики построения обобщенных (интегральных) оценок для сравнения рейтинга сходных объектов, которые используются, в частности, для сравнения эпидемиологической обстановки в регионах. Например, в работе [3] предлагается ранжировать значения каждого относительного показателя для группы регионов за определенный период и в качестве обобщенной оценки для региона рассматривать среднее значение его рангов по всем показателям. Данный подход демонстрируется на примере сравнения регионов Сибирского и Дальневосточного федерального округов по годовым показателям заболеваемости туберкулезом и клещевым энцефалитом. Подобная оценка позволяет только определить рейтинг объектов, но не дает возможности установить степень различия тяжести эпидемиологической обстановки в них. Этот недостаток отмечается, например, в работе [5], где автор предлагает вместо ранжирования использовать операцию нормирования показателей. Нормированное значение при этом определяется как относительное отклонение показателя региона от среднего значения этого показателя по группе регионов (например, по округу):

$$x_{\text{норм}} = \frac{x - x_{\text{авт}}}{x_{\text{авт}}},$$

где x — значение относительного показателя по региону, а $x_{\text{авт}}$ — значение этого показателя по округу

(авторитетный показатель) за определенный период. Обобщенная оценка также определялась как среднее значение нормированных показателей. Применение указанной обобщенной оценки демонстрировалось для сравнения заболеваемости туберкулезом в ПФО. Однако при использовании данного подхода к нормированию невозможно заранее описать диапазон возможных значений нормированных показателей. Это затрудняет введение шкалы риска для оценки тяжести ситуации в регионе как по отдельным показателям, так и по обобщенной оценке.

Но самое главное, описанные модели обобщенных оценок позволяют определить рейтинг регионов только за определенный период, но не позволяют оценить тяжесть эпидемиологической обстановки в регионах в динамике.

С учетом указанных недостатков в данной работе предлагается рассчитывать обобщенную оценку по методике, например, используемой для определения рейтинга инновационного развития субъектов Российской Федерации [10]. Суть методики состоит в следующем. Сначала все относительные показатели приводятся к одному направлению. Первоначально возможны два направления показателей:

- положительное (большее значение показателя означает более благоприятную ситуацию);
- отрицательное (большее значение показателя означает менее благоприятную ситуацию).

Выбирается направление обобщенной оценки и значение отдельных показателей, имеющих отличное от нее направление, предлагается взять с противоположным знаком. Далее проводится нормирование значений по каждому показателю по формуле:

$$x_{\text{норм}} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}},$$

где x — фактическое значение, а x_{\max} и x_{\min} — наибольшее и наименьшее значения соответственно каждого показателя (данное преобразование еще называется линейным масштабированием).

Наибольшее и наименьшее значения показателей могут устанавливаться нормативно. Например, имеются нормативно установленные показатели для средней продолжительности жизни, доли грамотного населения и т. п. при расчете обобщенного показателя уровня жизни населения ИРЧП (индекса

развития человеческого потенциала) или ИНН (индекса нищеты населения). Если нормативные значения относительных показателей заболеваемости не утверждены, то в качестве x_{\max} и x_{\min} рекомендуется взять наибольшее и наименьшее значения показателя за весь рассматриваемый период (в данном случае за все 30 декад). Полученные нормированные показатели принимают значения от 0 до 1, при этом нулевое нормированное значение соответствует региону с минимальным значением показателя, а единичное — максимальному значению.

Обобщенная оценка для региона рассчитывается как среднее арифметическое значение всех его нормированных показателей. Равенство нулю (единице) обобщенной оценки означает, что регион имел наименьшие (наибольшие) значения по всем отдельным показателям. Подобный подход к нормированию позволяет сравнивать обобщенные оценки регионов и друг с другом, и в динамике. Поэтому на основании обобщенной оценки нормированных показателей могут быть введены фиксированные уровни эпидемиологической обстановки: эпидемиологической безопасности и рисков заболеваний.

Теоретически обобщенные оценки могут принимать значения от 0 до 1. Если значение обобщенной оценки превышает 0,5, это означает, что по большинству относительных показателей ситуация хуже, чем в среднем по округу, и, таким образом, имеется высокий риск дальнейшего распространения заболевания. Для более подробного качественного анализа складывающейся эпидемиологической ситуации предлагается использовать шкалу уровней эпидемиологической безопасности и риска заболеваний по значениям обобщенной оценки:

- обобщенная оценка принимает значения до 0,1 — низкий риск распространения заболевания, нормальный уровень эпидемиологической безопасности;
- обобщенная оценка принимает значения более 0,1 и до 0,2 — средний риск распространения заболевания, пониженный уровень эпидемиологической безопасности;
- обобщенная оценка принимает значения более 0,2 и до 0,35 — высокий риск распространения заболевания, низкий уровень эпидемиологической безопасности;

Таблица 2. Наибольшие и наименьшие значения относительных показателей заболеваемости COVID-19 в регионах ПФО за период с 01.05.2020 по 28.02.2021

Table 2. The highest and lowest values of the relative incidence rates of COVID-19 in the regions of the Volga Federal District for the period from 05/01/2020 to 02/28/2021

Показатель	Наибольшее значение		Наименьшее значение	
	x_{\max}	регион, период	x_{\min}	регион, период
З/В	8,00	Респ. Татарстан (с 11.07.20 по 20.07.20)	0,20	Респ. Чувашия (с 11.08.20 по 20.08.20)
С	10,80	Респ. Чувашия (с 21.01.21 по 31.01.21)	0,00	Респ. Башкортостан (с 21.05.20 по 30.06.20) Кировская обл. (с 01.05.20 по 10.05.20) Респ. Марий Эл (с 11.08.20 по 20.08.20) Респ. Мордовия (с 11.08.20 по 10.09.20) Оренбургская обл. (с 11.05.20 по 20.05.20) Респ. Татарстан (с 01.07.20 по 10.07.20) Респ. Удмуртия (с 21.05.20 по 10.06.20, с 11.07.20 по 20.07.20) Ульяновская обл. (с 01.08.20 по 10.08.20) Респ. Чувашия (с 11.05.20 по 20.05.20)
З	5,69	Кировская обл. (с 21.11.20 по 30.11.20)	0,04	Респ. Башкортостан (с 21.09.20 по 30.09.20)
УЗ	0,24	Ульяновская обл. (с 11.12.20 по 20.12.20)	0,01	Респ. Татарстан (с 11.09.20 по 30.09.20) Респ. Удмуртия (с 11.05.20 по 20.05.20) Ульяновская обл. (с 11.05.20 по 20.05.20, с 01.08.20 по 10.08.20, с 01.01.21 по 10.01.21)

- обобщенная оценка принимает значения более 0,35 и до 0,5 — очень высокий риск распространения, очень низкий уровень эпидемиологической безопасности;

- обобщенная оценка принимает значения более 0,5 — критическая ситуация.

Апробация методики: оценка эпидемиологической обстановки в регионах ПФО по заболеваемости COVID-19 на основе обобщенных оценок за период май 2020 г. — февраль 2021 г.

Первоначально определяются наибольшее и наименьшее значения относительных показателей за весь исследуемый период (табл. 2).

Продемонстрируем расчет обобщенных оценок за первую декаду мая 2020 г. (табл. 3).

Аналогично рассчитываются обобщенные оценки за остальные декады, представленные в табл. 4.

Для наглядности в табл. 5 представлен уровень эпидемиологической безопасности и степени риска дальнейшего распространения COVID-19 в регионах ПФО.

За рассмотренный период значения обобщенных оценок зафиксированы в диапазоне от 0,02 до 0,49 (т.е. менее 0,5). Следовательно, можно сделать вывод, что эпидемиологическая обстановка в ПФО не являлась крайне тяжелой.

Сопоставим проведение различных мероприятий по сдерживанию распространения COVID-19 с уровнем риска на примере Кировской области. На рисунке представлены значения обобщенной оценки заболеваемости COVID-19 в динамике.

Таким образом, самый низкий риск дальнейшего распространения COVID-19 за рассматриваемый период наблюдался в начале мая 2020 г.

Таблица 3. Нормированные показатели и обобщенные оценки заболеваемости COVID-19 в регионах ПФО за период с 01.05.2020 по 10.05.2020

Table 3. Normalized indicators and generalized estimates of the incidence of COVID-19 in the regions of the Volga Federal District for the period from 05/01/2020 to 05/10/2020

Регион	Относительный показатель				Нормированный показатель				Обобщенная оценка
	З/В	С	УЗ	З	З/В	С	УЗ	З	
Респ. Башкортостан	2,30	0,11	0,22	0,02	0,27	0,01	0,03	0,05	0,09
Респ. Марий Эл	1,16	1,03	0,43	0,05	0,12	0,10	0,07	0,19	0,12
Респ. Мордовия	3,13	0,63	1,01	0,06	0,37	0,06	0,17	0,22	0,21
Респ. Татарстан	3,06	0,37	0,28	0,02	0,37	0,03	0,04	0,07	0,13
Респ. Удмуртия	1,45	1,29	0,16	0,01	0,16	0,12	0,02	0,02	0,08
Респ. Чувашия	5,17	0,00	0,58	0,05	0,64	0,00	0,10	0,17	0,23
Пермский край	0,81	1,01	0,15	0,01	0,08	0,09	0,02	0,01	0,05
Кировская обл.	1,62	0,00	0,42	0,02	0,18	0,00	0,07	0,08	0,08
Нижегородская обл.	5,74	0,61	0,87	0,08	0,71	0,06	0,15	0,31	0,31
Оренбургская обл.	2,53	0,39	0,26	0,02	0,30	0,04	0,04	0,07	0,11
Пензенская обл.	1,54	0,27	0,29	0,03	0,17	0,02	0,04	0,09	0,08
Самарская обл.	6,49	0,69	0,18	0,02	0,81	0,06	0,03	0,05	0,24
Саратовская обл.	3,47	0,31	0,27	0,03	0,42	0,03	0,04	0,09	0,14
Ульяновская обл.	4,13	0,00	0,39	0,03	0,50	0,00	0,06	0,11	0,17

Таблица 4. Обобщенные оценки заболеваемости COVID-19 за период с 01.05.2020 по 28.02.2021

Table 4. Generalized estimates of the incidence of COVID-19 for the period from 01.05.2020 to 28.02.2021

Регион Дата (начало декады)	Респ. Баш- корто- стан	Респ. Марий Эл	Респ. Мордо- вия	Респ. Татар- стан	Респ. Удмур- тия	Респ. Чува- шия	Перм- ский край	Киров- ская обл.	Нижего- родская обл.	Орен- бургская обл.	Пен- зенская обл.	Самар- ская обл.	Сара- товская обл.	Улья- новская обл.
01 май	0,09	0,12	0,21	0,13	0,08	0,23	0,05	0,08	0,31	0,11	0,08	0,24	0,14	0,17
11 май	0,12	0,13	0,13	0,05	0,03	0,16	0,09	0,05	0,24	0,06	0,10	0,11	0,19	0,19
21 май	0,10	0,14	0,14	0,04	0,05	0,17	0,08	0,16	0,20	0,07	0,15	0,10	0,13	0,20
01 июн.	0,09	0,12	0,16	0,02	0,15	0,18	0,10	0,15	0,25	0,08	0,16	0,10	0,14	0,24
11 июн.	0,06	0,14	0,17	0,27	0,05	0,16	0,15	0,10	0,20	0,08	0,13	0,11	0,13	0,25
21 июн.	0,05	0,19	0,16	0,21	0,05	0,17	0,10	0,09	0,19	0,12	0,12	0,07	0,14	0,21
01 июл.	0,04	0,23	0,13	0,11	0,06	0,23	0,09	0,10	0,19	0,11	0,22	0,09	0,13	0,22
11 июл.	0,04	0,22	0,14	0,05	0,14	0,21	0,11	0,14	0,19	0,14	0,17	0,10	0,14	0,23
21 июл.	0,04	0,10	0,12	0,04	0,06	0,18	0,22	0,31	0,15	0,13	0,12	0,06	0,14	0,21
01 авг.	0,06	0,07	0,13	0,07	0,10	0,14	0,11	0,32	0,11	0,13	0,11	0,08	0,14	0,22
11 авг.	0,02	0,06	0,12	0,04	0,07	0,10	0,12	0,20	0,11	0,12	0,12	0,08	0,14	0,22
21 авг.	0,05	0,09	0,13	0,06	0,10	0,10	0,12	0,16	0,12	0,10	0,14	0,06	0,15	0,20
01 сен.	0,02	0,09	0,12	0,04	0,12	0,10	0,11	0,19	0,13	0,10	0,14	0,08	0,15	0,19
11 сен.	0,03	0,11	0,11	0,05	0,13	0,09	0,12	0,22	0,15	0,10	0,20	0,14	0,16	0,22
21 сен.	0,16	0,11	0,13	0,05	0,16	0,11	0,14	0,25	0,16	0,11	0,21	0,11	0,17	0,24
01 окт.	0,24	0,14	0,15	0,06	0,19	0,12	0,15	0,26	0,19	0,11	0,19	0,11	0,19	0,26
11 окт.	0,15	0,20	0,19	0,14	0,19	0,14	0,17	0,27	0,24	0,19	0,30	0,13	0,23	0,36
21 окт.	0,06	0,18	0,19	0,04	0,22	0,15	0,19	0,33	0,26	0,20	0,32	0,13	0,24	0,36
01 нояб.	0,06	0,21	0,20	0,06	0,23	0,17	0,19	0,34	0,28	0,19	0,32	0,13	0,23	0,36
11 нояб.	0,16	0,18	0,24	0,08	0,24	0,21	0,24	0,44	0,29	0,22	0,30	0,17	0,23	0,39
21 нояб.	0,13	0,18	0,25	0,08	0,24	0,30	0,29	0,49	0,30	0,23	0,26	0,19	0,21	0,40
01 дек.	0,12	0,17	0,27	0,10	0,27	0,39	0,30	0,47	0,33	0,21	0,31	0,21	0,24	0,40
11 дек.	0,14	0,19	0,27	0,09	0,29	0,32	0,32	0,45	0,33	0,22	0,33	0,23	0,25	0,38
21 дек.	0,13	0,18	0,28	0,20	0,28	0,36	0,31	0,45	0,34	0,22	0,36	0,23	0,26	0,41
01 янв.	0,19	0,21	0,28	0,16	0,29	0,37	0,29	0,43	0,32	0,22	0,38	0,26	0,24	0,35
11 янв.	0,13	0,20	0,29	0,13	0,28	0,40	0,27	0,43	0,32	0,22	0,41	0,20	0,25	0,39
21 янв.	0,14	0,19	0,28	0,10	0,27	0,39	0,27	0,37	0,32	0,22	0,43	0,21	0,24	0,39
01 фев.	0,14	0,16	0,24	0,08	0,20	0,26	0,28	0,34	0,31	0,21	0,42	0,20	0,23	0,32
11 фев.	0,13	0,17	0,22	0,08	0,20	0,24	0,27	0,32	0,29	0,18	0,38	0,19	0,22	0,28
21 фев.	0,13	0,16	0,21	0,09	0,21	0,28	0,25	0,30	0,28	0,15	0,30	0,16	0,20	0,27

Таблица 5. Оценка уровня эпидемиологической безопасности и степени риска распространения заболеваемости COVID-19 в регионах ПФО за период с 01.05.2020 по 28.02.2021

Table 5. Assessment of the level of epidemiological safety and the degree of risk of the spread of the incidence of COVID-19 in the regions of the Volga Federal District for the period from 05/01/2020 to 02/28/2021

Регион Дата (начало декады)	Респ. Баш- кор- тостан	Респ. Марий Эл	Респ. Мор- довия	Респ. Татар- стан	Респ. Уд- мур- тия	Респ. Чува- шья	Перм- ский край	Ки- ров- ская обл.	Ниже- город- ская обл.	Орен- бург- ская обл.	Пен- зен- ская обл.	Са- мар- ская обл.	Сара- тов- ская обл.	Улья- нов- ская обл.
01 май	0,09	0,12	0,21	0,13	0,08	0,23	0,05	0,08	0,31	0,11	0,08	0,24	0,14	0,17
11 май	0,12	0,13	0,13	0,05	0,03	0,16	0,09	0,05	0,24	0,06	0,1	0,11	0,19	0,19
21 май	0,1	0,14	0,14	0,04	0,05	0,17	0,08	0,16	0,2	0,07	0,15	0,1	0,13	0,2
01 июн.	0,09	0,12	0,16	0,02	0,15	0,18	0,1	0,15	0,25	0,08	0,16	0,1	0,14	0,24
11 июн.	0,06	0,14	0,17	0,27	0,05	0,16	0,15	0,1	0,2	0,08	0,13	0,11	0,13	0,25
21 июн.	0,05	0,19	0,16	0,21	0,05	0,17	0,1	0,09	0,19	0,12	0,12	0,07	0,14	0,21
01 июл.	0,04	0,23	0,13	0,11	0,06	0,23	0,09	0,1	0,19	0,11	0,22	0,09	0,13	0,22
11 июл.	0,04	0,22	0,14	0,05	0,14	0,21	0,11	0,14	0,19	0,14	0,17	0,1	0,14	0,23
21 июл.	0,04	0,1	0,12	0,04	0,06	0,18	0,22	0,31	0,15	0,13	0,12	0,06	0,14	0,21
01 авг.	0,06	0,07	0,13	0,07	0,1	0,14	0,11	0,32	0,11	0,13	0,11	0,08	0,14	0,22
11 авг.	0,02	0,06	0,12	0,04	0,07	0,1	0,12	0,2	0,11	0,12	0,12	0,08	0,14	0,22
21 авг.	0,05	0,09	0,13	0,06	0,1	0,1	0,12	0,16	0,12	0,1	0,14	0,06	0,15	0,2
01 сен.	0,02	0,09	0,12	0,04	0,12	0,1	0,11	0,19	0,13	0,1	0,14	0,08	0,15	0,19
11 сен.	0,03	0,11	0,11	0,05	0,13	0,09	0,12	0,22	0,15	0,1	0,2	0,14	0,16	0,22
21 сен.	0,16	0,11	0,13	0,05	0,16	0,11	0,14	0,25	0,16	0,11	0,21	0,11	0,17	0,24
01 окт.	0,24	0,14	0,15	0,06	0,19	0,12	0,15	0,26	0,19	0,11	0,19	0,11	0,19	0,26
11 окт.	0,15	0,2	0,19	0,14	0,19	0,14	0,17	0,27	0,24	0,19	0,3	0,13	0,23	0,36
21 окт.	0,06	0,18	0,19	0,04	0,22	0,15	0,19	0,33	0,26	0,2	0,32	0,13	0,24	0,36
01 нояб.	0,06	0,21	0,2	0,06	0,23	0,17	0,19	0,34	0,28	0,19	0,32	0,13	0,23	0,36
11 нояб.	0,16	0,18	0,24	0,08	0,24	0,21	0,24	0,44	0,29	0,22	0,3	0,17	0,23	0,39
21 нояб.	0,13	0,18	0,25	0,08	0,24	0,3	0,29	0,49	0,3	0,23	0,26	0,19	0,21	0,4
01 дек.	0,12	0,17	0,27	0,1	0,27	0,39	0,3	0,47	0,33	0,21	0,31	0,21	0,24	0,4
11 дек.	0,14	0,19	0,27	0,09	0,29	0,32	0,32	0,45	0,33	0,22	0,33	0,23	0,25	0,38
21 дек.	0,13	0,18	0,28	0,2	0,28	0,36	0,31	0,45	0,34	0,22	0,36	0,23	0,26	0,41
01 янв.	0,19	0,21	0,28	0,16	0,29	0,37	0,29	0,43	0,32	0,22	0,38	0,26	0,24	0,35
11 янв.	0,13	0,2	0,29	0,13	0,28	0,4	0,27	0,43	0,32	0,22	0,41	0,2	0,25	0,39
21 янв.	0,14	0,19	0,28	0,1	0,27	0,39	0,27	0,37	0,32	0,22	0,43	0,21	0,24	0,39
01 фев.	0,14	0,16	0,24	0,08	0,2	0,26	0,28	0,34	0,31	0,21	0,42	0,2	0,23	0,32
11 фев.	0,13	0,17	0,22	0,08	0,2	0,24	0,27	0,32	0,29	0,18	0,38	0,19	0,22	0,28
21 фев.	0,13	0,16	0,21	0,09	0,21	0,28	0,25	0,3	0,28	0,15	0,3	0,16	0,2	0,27
Низкий риск, нормальный уровень эпидемиологической безопасности														
Средний риск и пониженный уровень эпидемиологической безопасности														
Высокий риск и низкий уровень эпидемиологической безопасности														
Очень высокий риск и очень низкий уровень эпидемиологической безопасности														
Критичный уровень риска и эпидемиологической безопасности														

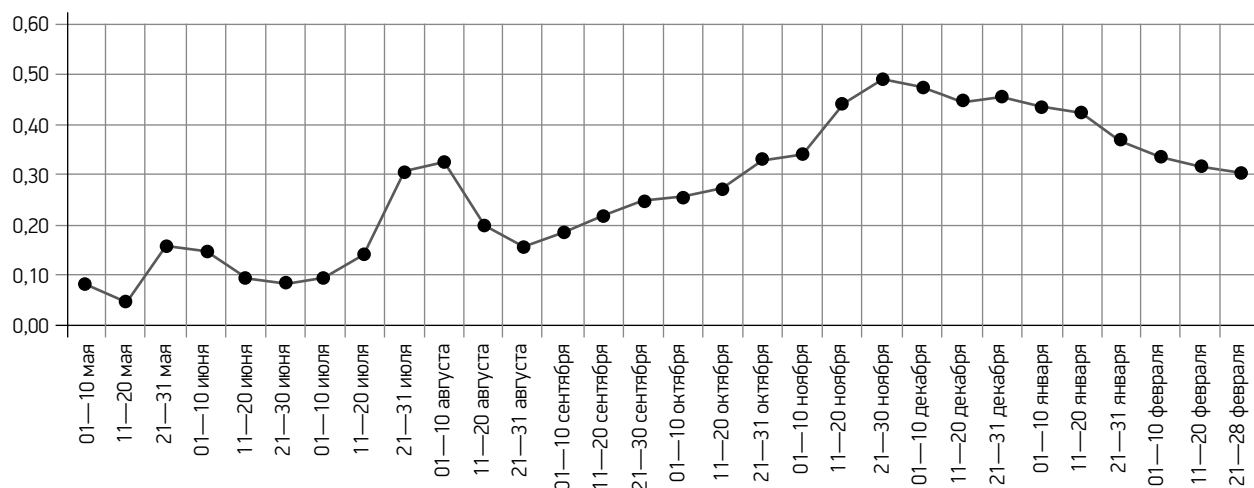


Рисунок. Динамика обобщенной оценки уровня заболеваемости COVID-19 в Кировской области за период с 01.05.2020 по 28.02.2021

Figure. Dynamics of the generalized assessment of the incidence of COVID-19 in the Kirov region for the period from 05/01/2020 to 02/28/2021

В данной работе не приведены значения обобщенных оценок уровня заболеваемости за более ранние периоды, однако заболеваемость COVID-19 в Кировской области в марте-апреле 2020 г. была очень низкой. Тем не менее мероприятия по противодействию COVID-19 начали осуществлять с марта 2020 г.

С марта вузы, техникумы и колледжи стали переходить на дистанционную форму обучения, школьники были отправлены на каникулы, отменены массовые мероприятия, с 25 марта и по 5 апреля были введены карантинные меры. В апреле в Кировской области открылись два инфекционных госпиталя для больных коронавирусом. В начале мая снова были введены ограничительные меры до 11 мая включительно.

Введение подобных мероприятий в относительно благополучном провинциальном регионе можно объяснить превентивными мерами. В марте-апреле обобщенная оценка уровня заболеваемости в Москве по сравнению с регионами ПФО превышала 0,4, т. е. риск распространения заболевания в столице являлся очень высоким. Таким образом, с учетом межрегиональной миграции можно было ожидать, что подобная ситуация повторится и в других регионах.

Тем не менее с конца мая и до 20 июля 2020 г. риск распространения COVID-19 уже оценивался как средний. В июне в кировских инфекционных госпиталях для больных COVID-19 выделили еще 500 коек.

Можно сделать вывод, что принятые меры не принесли ожидаемого результата. К тому же в дальнейшем меры были значительно ослаблены (табл. 6).

Выводы

Предложенная методика сравнительной оценки уровня рисков распространения заболеваемости в регионах РФ и шкалы оценивания позволяют определять:

- уровень эпидемиологической безопасности и риска роста заболеваемости в различных регионах;
- эффективность и своевременность проведения мероприятий против эпидемиологической опасности.

С учетом специфики заболевания могут вводиться дополнительные показатели. В случае COVID-19 такими показателями могут быть: доля особо тяжелых случаев (доля больных на аппаратах ИВЛ), доля новых случаев заражений среди

Таблица 6. Эпидемиологическая обстановка в Кировской области и в соседних регионах в форме обобщенной оценки заболеваемости и антиковидные меры*Table 6. Epidemiological situation in the Kirov region and in neighboring regions in the form of a generalized assessment of morbidity and anticovid measures*

Дата (начало декады)	Регион	Антиковидные мероприятия в Кировской области	Киров- ская обл.	Респ. Марий Эл	Респ. Мордо- вия
01 май		Нерабочие дни, рекомендации самоизолироваться	0,08	0,12	0,21
11 май		11 мая Президент объявил о завершении очереди нерабочих дней	0,05	0,13	0,13
21 май		С 21 мая возобновлена работа парикмахерских, частично салонов красоты, фитнес-центров, но только при соблюдении ряда ограничений. Детям разрешено посещать летние лагеря при диагностике на коронавирус	0,16	0,14	0,14
01 июн.		С 9 июня сняты ограничения на работу торговых центров площадью до 400 кв. метров, а в конце месяца — до 800 кв. метров	0,15	0,12	0,16
11 июн.		С 16 июня в регионе возобновлена работа летних кафе, библиотек и музеев	0,1	0,14	0,17
21 июн.		24 июня возобновлена работа столовых, кафе, баров, ресторанов и так далее, а также бассейнов и фитнес-центров при соблюдении ряда условий	0,09	0,19	0,16
01 июл.			0,10	0,23	0,13
11 июл.		15 июля в области сняты ограничения на работу парков отдыха и развлечений	0,14	0,22	0,14
21 июл.		28 июля кировчанам разрешено посещать кладбища	0,31	0,1	0,12
01 авг.		4 августа вновь открылся Кировский туристско-информационный центр	0,32	0,07	0,13
11 авг.		10 августа после нескольких месяцев простоя возобновили работу учреждения культуры и досуга, в том числе кинотеатры, театры и концертные залы. Заработали сезонные ярмарки	0,20	0,06	0,12
21 авг.		20 августа стало известно, что новый учебный год начнется в формате гибридного обучения, а обучающихся постараются максимально изолировать друг от друга (закрепленные аудитории, санитарные меры)	0,16	0,09	0,13
01 сен.		Открыты границы с рядом стран. Учебные заведения с сентября стали работать в очной форме, некоторые из них были вынуждены частично переходить на дистанционный формат обучения из-за вспышек заболеваемости	0,19	0,09	0,12
11 сен.			0,22	0,11	0,11
21 сен.		Под больных коронавирусом перепрофилирован ряд лечебных учреждений. Начал работу реабилитационный центр для переболевших COVID-19	0,25	0,11	0,13
01 окт.		Рост числа нарушителей, получающих штрафы за невыполнение требований	0,26	0,14	0,15
11 окт.		14 октября в области вновь ужесточили ограничительные меры: частично закрыли организации общественного питания и крупнейшие ТЦ и ТРЦ	0,27	0,2	0,19
21 окт.		На период с 19 октября по 1 ноября школьники отправлены на каникулы, а студенты вузов и колледжей перешли на дистанционный формат обучения. В кировском доме-интернате для престарелых и инвалидов открыли инфекционный госпиталь. 27 октября в Кировской области возобновлена работа организаций общественного питания, но только до 23 часов. С тем же условием возобновили работу театры, концертные и развлекательные заведения	0,33	0,18	0,19
01 нояб.		6 ноября коронавирусных больных начали обеспечивать бесплатными лекарствами	0,34	0,21	0,2

Окончание таблицы 6

Дата (начало декады)	Регион	Антиковидные мероприятия в Кировской области	Киров- ская обл.	Респ. Марий Эл	Респ. Мордо- вия
11 нояб.		С середины ноября область начала бить антирекорды по заболеваемости: практически каждый день прибавлялось по 200 и более больных. В области ужесточили запрет на массовые мероприятия. Введен режим самоизоляции для лиц старше 65 лет. Остальные ограничения продлили до 14 января	0,44	0,18	0,24
21 нояб.			0,49	0,18	0,25
01 дек.		В начале декабря в регионе стартовала добровольная вакцинация от коронавируса для врачей, учителей и соцработников. Медработники области получили государственные награды за вклад в борьбу с COVID-19	0,47	0,17	0,27
11 дек.			0,45	0,19	0,27
21 дек.		22 декабря в регионе разрешено проведение концертов и возобновлена работа цирков с соблюдением ряда требований. С 28 декабря в Кирове начал работу амбулаторный центр для пациентов с COVID-19	0,45	0,18	0,28
01 янв.		В регионе продолжает действовать масочный режим, в ночное время ограничена работа общепита, а также запрещены массовые мероприятия. Действующие ограничения продлены до 16 февраля 2021 г. Режим самоизоляции для лиц старше 65 лет продлен до 19 января 2021 г. Разрешены публичные спортивные соревнования со зрителями при условии заполнения не более 20% мест	0,43	0,21	0,28
11 янв.			0,43	0,2	0,29
21 янв.			0,37	0,19	0,28
01 фев.			0,34	0,16	0,24
11 фев.			0,32	0,17	0,22
21 фев.			0,30	0,16	0,21

непривитого и среди привитого населения, доля вторичных случаев новых заражений и т. п. Подобную статистику можно исследовать по возрастным группам или для сравнительной характеристики охвата заболеванием различных категорий населения (например, среди лиц, страдающих определенными хроническими заболеваниями).

Отметим, что в течение рассматриваемого периода в большинстве регионов удалось стабилизировать ситуацию с распространением COVID-19. Однако нет оснований говорить о существенном улучшении ситуации, число НЗ продолжает оставаться достаточно высоким, позиции регионов по сравнению друг с другом также достаточно стабильны. Поэтому окончание пандемии, скорее всего, будет связано с активным ростом уровня вакцинации населения во всех регионах.

Литература [References]

1. Астафьев В.А., Савилов Е.Д., Чемезова Н.Н., Степаненко Л.А. Оценка заболеваемости вирусным гепатитом С в Иркутской области по интегральному эпидемиологическому показателю // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). Т. 113. 2012. № 6. С. 120—122. [Astafyev V.A., Savilov E.D., Chemezova N.N., Stepanenko L.A. Morbidity estimate of viral hepatitis C in Irkutsk region on the integral epidemiological index // Siberian Medical Journal (Irkutsk). T. 113. 2012. No. 6. P. 120—122 (In Russ.)]
2. Савилов Е.Д., Алексеева Г.И., Мальцева М.В. и др. Методический подход к оценке эпидемиологической ситуации по обобщенному критерию // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2011. Т. 16. № 1. С. 17—20. doi: 10.17816/EID40525 [Savilov E.D., Alekseeva G.I., Mal'tseva M.V., et al. Methodological approach to assessing the epidemiological situation from an integrated criterion // Epidemiology and Infectious Diseases. 2011. Vol. 16. No. 1. P. 17—20. doi: 10.17816/EID40525 (In Russ.)]

3. Савилов Е.Д., Колесников С.И., Анганова Е.В., Астафьев В.А. Интегральная оценка заболеваемости по основным статистическим критериям // Гигиена и санитария. Т. 97. 2018. № 3. С. 274—278.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-3-274-278> [Savilov E.D., Kolesnikov S.I., Anganova E.V., Astafyev V.A. The summary assessment of the prevalence rate morbidity on main statistical indices // Hygiene and sanitation. Vol. 97. 2018. No. 3. P. 274—278.
DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-3-274-278> (In Russ.)]
4. Сазыкин В.Л. Метод интегральной оценки объектов по сумме мест / Материалы областного совещания по итогам противотуберкулезной работы за 1993 год. Оренбург, 1994. С. 14—16. [Sazykin V.L. Method of integral evaluation of objects by the sum of places / Materials of the regional meeting on the results of anti-tuberculosis work for 1993. Orenburg, 1994. P. 14—16 (In Russ.)]
5. Сазыкин В.Л. Новый метод интегральной оценки // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Оренбург, 2004. № 12. С. 137—141. [Sazykin V.L. New method of integral appraisal // Bulletin of Orenburg State University. Orenburg, 2004. No. 12. P. 137—141 (In Russ.)]
6. Слободенюк А.В., Косова А.А., Ан Р.Н. Эпидемиологический анализ: Учеб. пособие. Екатеринбург: ГБОУ ВПО УГМУ Минздрава России, 2015. 36 с. [Slobodenyuk A.V., Kosova A.A., An R.N. Epidemiological analysis: textbook. Yekaterinburg: publishing house of GBOU VPO UGMU of the Ministry of Health of Russia, 2015. 36 p. (In Russ.)]
7. Официальная статистика / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> [Official Statistics / Federal State Statistics Service [Electronic resource] Access mode: <https://rosstat.gov.ru/folder/10705> (In Russ.)]
8. Статистика коронавируса по регионам России / Внешняя торговля России [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://russian-trade.com/coronavirus-russia/> [Statistics of coronavirus by regions of Russia / Foreign trade of Russia [Electronic resource] Access mode: <https://russian-trade.com/coronavirus-russia/> (In Russ.)]
9. Караулова Л.В., Короткова О.Л. О разработке модели обобщенной оценки эпидемиологической обстановки в регионе. Развитие современных технологий: опыт теоретического и практического анализа: Сборник статей II Международной научно-практической конференции (19 августа 2021 г.). Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2021. С. 27—36. [Karaulova L.V., Korotkova O.L. On the development of a model of generalized assessment of the epidemiological situation in the region. Development of modern technologies: experience of theoretical and practical analysis: collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference (August 19, 2021). Petrozavodsk: ICNP “New Science”, 2021. P. 27—36 (In Russ.)]
10. Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 5 / Г.И. Абдрахманова, П.Д. Бахтин, Л.М. Гохберг и др.; Под ред. Л.М. Гохберга: Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. 2017. [Rating of innovative development of the subjects of the Russian Federation. Issue 5 / G.I. Abdrakhmanova, P.D. Bakhtin, L.M. Gokhberg, etc.; edited by L.M. Gokhberg: Nats. research. Higher School of Economics, Moscow, Higher School of Economics, 2017 (In Russ.)]

Сведения об авторах

Караулов Василий Михайлович: кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры финансов и экономической безопасности ФГБОУ ВО Вятский государственный университет

Количество публикаций: более 60, в т. ч. монографий и учебных изданий

Область научных интересов: социально-экономическое развитие, региональная экономика, качество жизни, анализ экономических рисков, экономическая безопасность, прогнозирование

Scopus Author ID: 57194595826

ORCID: 0000-0002-9599-3740

Контактная информация:

Адрес: 610000, Приволжский федеральный округ, Кировская область, г. Киров, ул. Московская, д. 36

E-mail: v.karaulov@mail.ru

Караулова Лариса Владимировна: кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информатики и физики Кировского государственного медицинского университета

Количество публикаций: более 60

Область научных интересов: математическая статистика, математическое моделирование, математическое моделирование социально-экономических процессов

ORCID: 0000-0003-4618-8443

Контактная информация:

Адрес: 610998, г. Киров, ул. К. Маркса, д. 112

E-mail: krabot1@mail.ru

Каранина Елена Валерьевна: доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой финансов и экономической безопасности ФГБОУ ВО Вятский государственный университет

Количество публикаций: более 300, в т. ч. более 50 монографий и учебных изданий

Область научных интересов: управление рисками, экономическая безопасность, финансовая безопасность, региональная экономика, резилиенс-диагностика рисков и угроз, финансовая грамотность

ResearcherID: L-1395-2016

Scopus Author ID: 57192661919

ORCID: 0000-0002-5439-5912

Контактная информация:

Адрес: 610000, г. Киров, ул. Свободы, д. 122, каб. 223, 218

E-mail: karanina@vyatsu.ru

Статья поступила в редакцию: 12.10.2021

Принята к публикации: 15.10.2021

Дата публикации: 29.10.2021

The paper was submitted: 12.10.2021

Accepted for publication: 15.10.2021

Date of publication: 29.10.2021