

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Влияние пандемии COVID-19 на социально-экономическое развитие региона

© 2023 г. О.А. Голованов, А.Н. Тырсин, Е.В. Васильева

О.А. Голованов,

Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург; e-mail: golovanov.oa@uiec.ru

А.Н. Тырсин,

Институт экономики УрО РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцин, Екатеринбург; e-mail: at2001@yandex.ru

Е.В. Васильева,

Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург; e-mail: vasileva.ev@uiec.ru

Поступила в редакцию 20.10.2022

Статья выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института экономики Уральского отделения РАН.

Аннотация. В статье представлен анализ последствий экономической нестабильности, вызванной пандемией COVID-19, для социально-экономического развития региона. Исследование проводилось на примере Свердловской области по данным Федеральной службы государственной статистики. В статье поставлены и решены три задачи исследования. Во-первых, оценить, насколько в общем изменилось социально-экономическое состояние региона в результате пандемии COVID-19. Во-вторых, выявить влияние пандемии COVID-19 на характер и структуру взаимосвязей между социально-экономическими показателями региона. В-третьих, проанализировать влияние пандемии COVID-19 на тенденции социально-экономических показателей региона с учетом их возможного запаздывания и сезонного колебания. Первая задача решается с помощью статистических методов распознавания образов, вторая задача — методами многомерного корреляционного анализа. Для решения третьей задачи использованы стохастические модели временных рядов. Наибольший вклад в разделение на кластеры оказало число родившихся, оборот общественного питания и объем товаров, работ и услуг, выполненных собственными силами; в их динамике наиболее явно прослеживается влияние пандемии COVID-19 в Свердловской области. Многомерный корреляционный анализ позволил установить, что в результате введения ограничительных и поддерживающих мер сформировались разнонаправленные тенденции динамики социально-экономических показателей региона, которые нарушили ранее сложившиеся взаимосвязи между ними. Исходя же из полученных коэффициентов авторегрессионной модели, можно обнаружить некоторую закономерность, заключающуюся в росте влияния краткосрочных (лаг 1 и 3 месяца) и в уменьшении влияния долгосрочных (лаг 12 месяцев) изменений показателей. Согласно полученным расчетам экономике Свердловской области за анализируемый период не удалось преодолеть дестабилизирующего влияния последствий пандемии COVID-19.

Ключевые слова: пандемия, COVID-19, социально-экономическое развитие, экономическая нестабильность, регион, дискриминантный анализ, многомерный корреляционный анализ, авторегрессия.

Классификация JEL: C10, O11, R11.

Для цитирования: Голованов О.А., Тырсин А.Н., Васильева Е.В. (2023). Влияние пандемии COVID-19 на социально-экономическое развитие региона // Экономика и математические методы. Т. 59. № 2. С. 54–67. DOI: 10.31857/S042473880022737-9

ВВЕДЕНИЕ

Пандемия COVID-19 стала серьезным испытанием для экономики России, падение объема производства в 2020 г. достигло 3%. Однако в результате сложившейся специализации отечественной промышленности и введения относительно мягких ограничительных мер произошла адаптация к текущим экономическим условиям (Цухло, 2021), и уже к концу 2020 г. ряд макроэкономических показателей вернулся к докоронавирусным значениям, а в 2021 г. экономика России продолжила постепенно выходить из кризиса. Во втором квартале 2021 г. индекс физического объема ВВП составил 110,5% относительно второго квартала 2020 г. (рис. 1). Но положительная динамика основных макроэкономических показателей не дает полной картины последствий пандемии COVID-19, поскольку она привела

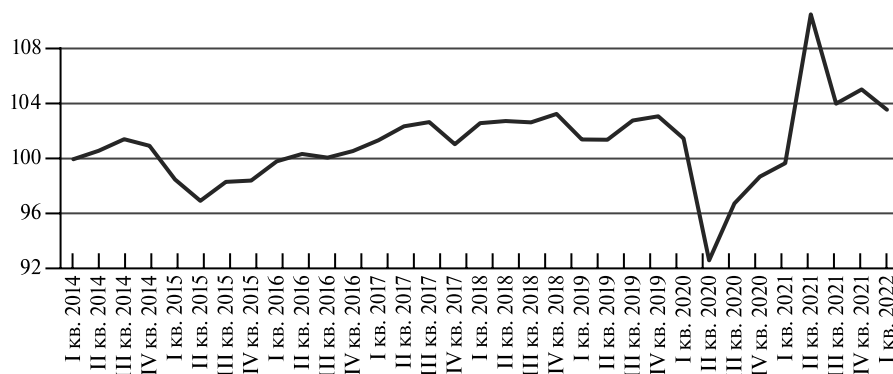


Рис. 1. Индексы физического объема ВВП России, % к соответствующему кварталу предыдущего года

Источник: Росстат.

к обострению экономической нестабильности, что отразилось на всех сторонах жизни общества. Пандемия оказывает дестабилизирующее влияние на экономику за счет факторов не только прямого воздействия, но и косвенного. В этой связи возвращение экономики к нормальному состоянию, как отмечают авторы в (Цветков, Дудин, 2020), представляется возможным только спустя много месяцев или даже лет. К тому же в ходе естественной эволюции возбудителя COVID-19 возникают доминирующие варианты, создающие новые волны заражения (Онищенко и др., 2022).

В результате широкого спектра влияния пандемии COVID-19 на экономику и общество оценка характера и масштаба ее последствий требует учета взаимосвязи социально-экономических показателей территории. Такой подход отвечает современной парадигме роста, предполагающей гармоничное социально-экономическое развитие (Шмат, 2022), когда общество может устойчиво повышать свое благополучие, не ограничиваясь только ростом ВВП (Ward et al., 2016). Целью данного исследования является анализ последствий экономической нестабильности, вызванной пандемией COVID-19, для социально-экономического развития региона.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Пандемия COVID-19 — не первая вспышка вируса, которая вызвала серьезные последствия для социально-экономической системы, причем не только за счет роста заболеваемости и смертности населения (Степанов, 2020, 2022), но и в результате ответных политических мер. К примеру, в исследовании экспертов Всемирного банка (Brahmbhatt, Dutta, 2008) доказано, что последствия вспышки эпидемии в Сурате в 1994 г. были вызваны главным образом не прямыми медицинскими расходами или относительно небольшим показателем заболеваемости и смертности. Основные экономические последствия возникли в результате несогласованных усилий, чрезмерных профилактических действий отдельных лиц и правительства, чтобы избежать заражения (ошибочные стратегии информирования общественности о рисках, ограничения на торговлю и передвижение и др.) и сокрыть информацию о вспышках инфекционных заболеваний.

Подобные примеры четко показывают, что стандартный подход анализа «стоимости болезни» к измерению ее социально-экономических последствий ограничен. Такой анализ предполагает расчет стоимости («экономического бремени») конкретной болезни с учетом прямых затрат на лечение заболевания, не прямых затрат, косвенно связанных с ведением пациентов, и неосязаемых затрат (потерь пациента) (Омельяновский и др., 2012), что значительно недооценивает последствия, вызванные эпидемиями и пандемиями. Поэтому в научных исследованиях предлагаются альтернативные подходы. Так, например, экономисты Европейской комиссии (Jonung, Roeger, 2006) предлагают рассчитывать затраты в виде потерь производства из-за болезней и смерти, измеряемые как сокращение темпов роста ВВП или снижение его уровня. В работе (Васиев и др., 2020) авторы оценили влияние COVID-19 на функционирование ключевых отраслей китайской промышленности и межрегиональных транспортных каналов поставок на основе данных региональных матриц «затраты—выпуск», показателей миграции и статистики распространения пандемии.

Однако в таких подходах сохраняется методологическая проблема формализации социально-экономических последствий, связанных с влиянием ухудшения эпидемиологической ситуации. Как справедливо отмечается в (Смирнов, 2020), прогнозы воздействий пандемий на экономику могут быть весьма противоречивыми, поскольку для них характерна высокая неопределенность, которая возрастает по мере роста их масштаба. В рамках данного исследования для решения этой проблемы рассматривается социально-экономическая система в целом.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОДХОДА

Анализ влияния пандемии COVID-19 на социально-экономическую систему требует рассмотрения множества показателей. Таким образом, имеется вектор показателей. Одномерные методы статистического анализа часто оказываются малоэффективными при изучении сложных явлений (Эсбенсен, 2005). Поэтому необходимо использовать методы многомерного статистического анализа, которые позволяют одновременно рассматривать несколько показателей. Учитывая ранее полученную оценку влияния пандемии COVID-19 на тенденции изменения отдельных показателей региона (Голованов, Тырсин, Васильева, 2022), в рамках данного исследования поставлены три задачи, рассматривающие социально-экономическую систему региона в целом:

- 1) дать общую оценку, насколько изменилось социально-экономическое состояние региона в результате пандемии COVID-19;
- 2) выявить влияние пандемии COVID-19 на характер и структуру взаимосвязей между социально-экономическими показателями региона;
- 3) проанализировать влияние пандемии COVID-19 на тенденции социально-экономических показателей региона с учетом их возможного запаздывания и сезонного колебания.

Первая задача решается с помощью дискриминантного анализа (Айвазян и др., 1989; Hardle, Simar, 2019), вторая задача — методами многомерного корреляционного анализа (Вероятность и математическая статистика ..., 1999; Айвазян и др., 1985), и для третьей задачи рассмотрены стохастические модели авторегрессии (Лукашин, 2003; Vox et al., 2015).

ДАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Информационной базой исследования являются ежемесячные данные, поддерживаемые Федеральной службой государственной статистики, за период с января 2017 г. по февраль 2022 г. Выбранный период обусловлен необходимостью иметь сопоставимые объемы выборок в периодах до и во время пандемии, наличием годичной цикличности многих социально-экономических показателей, а также ограничить санкционное влияние на результаты расчетов с марта 2022 г. В качестве примера исследования рассмотрена Свердловская область. В табл. 1 представлена используемая

Таблица 1. Система социально-экономических показателей для исследования

Обозначение	Показатель, единица измерения
Показатели «Демография»	
X_1	Число зарегистрированных умерших, человек
X_2	Число зарегистрированных родившихся, человек
Показатели «Социальная сфера»	
X_3	Уровень регистрируемой безработицы, %
X_4	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников по полному кругу организаций в ценах февраля 2022 г., руб.
X_5	Всего зарегистрировано преступлений, ед.
X_6	Число дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими, ед.
Показатели «Производство товаров и услуг»	
X_7	Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами в ценах февраля 2022 г., тыс. руб.
X_8	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» в ценах февраля 2022 г., млн руб.
X_9	Производство продуктов животноводства в сельскохозяйственных организациях — скот и птица на убой в живом весе, тыс. т
Показатели «Рынки товаров и услуг»	
X_{10}	Оборот розничной торговли в ценах февраля 2022 г., млн руб.
X_{11}	Оборот общественного питания в ценах февраля 2022 г., млн руб.
X_{12}	Объем платных услуг населению в ценах февраля 2022 г., млн руб.

система социально-экономических показателей, которая разбита на четыре подсистемы (группы): 1 — демография (X_1, X_2); 2 — социальная сфера ($X_3, \dots, X_6$); 3 — производство товаров и услуг (X_7, X_8, X_9); 4 — рынки товаров и услуг (X_{10}, X_{11}, X_{12}).

Для сопоставления стоимостные показатели пересчитаны в ценах февраля 2022 г. с учетом индекса потребительских цен.

Задача 1. Общая оценка изменения социально-экономического состояния региона в результате пандемии COVID-19

Основным предположением является то, что система показателей, описывающая социально-экономическое состояние региона, представляет собой совокупность многомерных временных рядов, которые можно разделить на два кластера — «до» и «во время» пандемии соответственно:

- кластер 1 (*Clas.1*) — наблюдения 1–37, данные за период с января 2017 г. по январь 2020 г.,
- кластер 2 (*Clas.2*) — наблюдения 38–62, данные за период с февраля 2020 г. по февраль 2022 г.

Для двух кластеров уравнение гиперплоскости определяется как $f(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^M a_j x_j$ (Сошникова и др., 1999), где $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_M)^T$; M — число переменных (анализируемых социально-экономических показателей); C — константа дискриминации. При $f(\mathbf{x}) > C$ рассматриваемое наблюдение относим к первой группе, в противном случае — ко второй группе, тогда как уравнение $f(\mathbf{x}) = C$ будет являться разделяющей гиперплоскостью.

Вектор $\mathbf{a}$ — вектор коэффициентов дискриминантной функции равен $\mathbf{a} = \mathbf{S}_*^{-1}(\bar{\mathbf{X}}_1 - \bar{\mathbf{X}}_2)$, где $\bar{\mathbf{X}}_k = (\bar{X}_{k1}, \dots, \bar{X}_{kM})^T$ — вектор средних значений показателей группы k ($k = 1, 2$); $\mathbf{S}_* = (n_1 + n_2 - 2)^{-1}(\mathbf{X}_1^T \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2^T \mathbf{X}_2)$ — объединенная ковариационная матрица; $\mathbf{X}_k$ — матрица значений показателей группы k ; n_k — число наблюдений в группе k .

Константу дискриминации вычисляем по формуле $C = 0,5(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)$, где $\bar{f}_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} f(\mathbf{x}_{ki})$.

Результаты линейного дискриминантного анализа в программе Statistica для двух кластеров значений показателей Свердловской области приведены в табл. 2–4. Был проведен пошаговый анализ с исключением. На каждом шаге из анализа исключалась переменная, вносящая минимальный вклад в результат классификации до тех пор, пока останутся только статистически значимые переменные. В табл. 2 были включены все статистически значимые (p -уровень меньше 0,05) показатели. Уровень статистической значимости основывается на значении F -критерия, который связан с исключением соответствующего показателя из анализа. Таким образом, если исключение показателя из анализа приводит к значимому изменению соотношения дисперсий, то показатель вносит важный вклад в дискриминацию групп. Согласно полученным результатам к таким информативным диагностическим показателям относятся число умерших (X_1), число родившихся (X_2), число преступлений (X_5), объем производства товаров и услуг (X_7), оборот общественного питания (X_{11}).

Оценка возможности и целесообразности проведения дискриминации на *Clas.1* и *Clas.2* имеющихся социально-экономических показателей выполняется на основе подсчета параметра *Wilks' lambda* (λ , лямбда Уилкса, статистика Уилкса). Она принимает значения от 0 до 1. Чем меньше *Wilks' lambda*, тем лучше разделяются данные на два кластера (если $\lambda = 1$, то полученная на основе дискриминантного анализа модель не может разделить массива значений социально-экономических показателей на соответствующие кластеры. Если $\lambda = 0$, то это свидетельствует об абсолютном разделении данных на выделенные два кластера). В данном случае $\lambda = 0,166$.

Таблица 2. Результаты дискриминантного анализа двух кластеров значений социально-экономических показателей Свердловской области

$N = 62$	<i>Wilks' Lambda</i>	<i>Partial Lambda</i>	F -критерий (1, 56)	p -уровень	<i>Toler</i>
X_1	0,189929	0,871398	8,26458	0,005705	0,678415
X_2	0,217189	0,762028	17,48808	0,000103	0,718902
X_5	0,188834	0,876453	7,89389	0,006819	0,696626
X_7	0,213138	0,776510	16,11755	0,000179	0,516636
X_{11}	0,354857	0,466397	64,06947	0,000000	0,559014

Примечание. $\lambda = 0,16550$; $F(5,56) = 56,472$; $p < 0,0000$.

В столбце табл. 2 «*Wilks' Lambda*» приведены значения статистика Уилкса с исключенной соответствующей переменной. Чем больше ее значение, тем желательнее присутствие переменной в процедуре дискриминации. Следует отметить, что исключение оборота общественного питания (X_{11}) в наибольшей степени ухудшает качество распознавания двух кластеров. Такой результат объясняется чуткой реакцией показателя на введение локдаунов в виде заметного спада и определенного восстановления и приспособления к экономической нестабильности за счет распространения использования новых моделей потребительского поведения (системы онлайн-заказов, доставки, дистанционных услуг и пр.). Практически идентичным образом отреагировал объем платных услуг населению (X_{12}), в связи с чем оказался сильно коррелирован с X_{11} и был убран из дальнейшего рассмотрения, несмотря на очевидные изменения вследствие появления пандемии.

В столбце «*Partial Lambda*» приведены значения частной лямбды Уилкса. Данная статистика описывает одиночный вклад соответствующей переменной в дискриминацию между совокупностями. Чем она меньше, тем больше вклад показателя в общую дискриминацию, и, как видно из полученных результатов, ни одна из переменных не позволяет разделить совокупности многомерных данных на две группы. В столбце «*F*-статистика» (*F-remove*) указаны значения дисперсионного анализа, а в столбце «*p*-уровень» — значения, характеризующие вклад каждой из переменных в различие двух групп. В соответствии с результатами наиболее значимым также был показатель X_{11} .

Значение толерантности (столбец «*Toler*») социально-экономического показателя вычисляется как $1 - R^2$, где R^2 — коэффициент детерминации линейной регрессии признака X_i на оставшуюся совокупность статистически значимых признаков, использованную в анализе. Значение толерантности показателя является мерой его избыточности в модели и, чем оно меньше, тем избыточнее показатель. Таким образом, наименее коррелированным показателем системы из табл. 2, а соответственно наименее избыточным, является показатель рождаемости X_2 . В свою очередь, если бы статистика была равной или меньше нижней границы толерантности (0,05), то соответствующий ей показатель в модель включать не стоит, так как он будет нести малую дополнительную информацию.

Рассчитанные значения коэффициентов функции детерминации и константы дискриминации приведены в табл. 3.

Согласно данным табл. 4 средняя вероятность правильного распознавания составила 0,984, что превосходит требуемый уровень надежности, равный 0,95. Это означает, что между значениями социально-экономических показателей до (*Clas.1*) и во время (*Clas.2*) пандемии существует статистически значимое различие. Неправильно классифицированным оказалось только наблюдение 38 (февраль 2020 г.). Отметим, что февраль 2020 г. можно считать начальным месяцем пандемии лишь условно, так как фактически вспышка вируса началась со второй половины месяца.

Таблица 3. Коэффициенты функции детерминации и константа дискриминации

Параметр	Значение
a_1	−0,002607
a_2	0,007515
a_5	−0,005088
a_7	−0,00008637
a_{11}	0,006956
C	−0,360003

Таблица 4. Результаты классификации двух кластеров

Кластер	Процент совпадений	$G_1: \text{Clas.1};$ $p = 0,59677$	$G_2: \text{Clas.2};$ $p = 0,40323$
$G_1: \text{Clas.1}$	100,0000	37	0
$G_2: \text{Clas.2}$	96,0000	1	24
Всего	98,3871	38	24

Таким образом, можно утверждать, что пандемия COVID-19 в целом существенно повлияла на социально-экономическое развитие Свердловской области, а ее начало стало катализатором экономической нестабильности, определившим кардинальные изменения, и тем водоразделом, разграничивающим рассматриваемый период на «до» и «во время».

Задача 2. Исследование влияния пандемии COVID-19 на характер и структуру взаимосвязей между социально-экономическими показателями

Для исследования характера и структуры взаимосвязей между социально-экономическими показателями применяется скалярная мера взаимосвязи между несколькими случайными векторами, предложенная в (Тырсин, 2022). Пусть имеем n непрерывных случайных векторов произвольных размерностей, у которых нет совпадающих компонент. Они обозначены как $\mathbf{Y}^{(1)} = (Y_1^{(1)}, \dots, Y_{m_1}^{(1)})$, ..., $\mathbf{Y}^{(n)} = (Y_1^{(n)}, \dots, Y_{m_n}^{(n)})$. Объединение этих векторов образует вектор $\mathbf{Y}$, т.е. $\mathbf{Y} = \bigcup_{j=1}^n \mathbf{Y}^{(j)}$. Таким образом, имеем общую систему показателей $\mathbf{Y}$, которая разбивается на несколько подсистем (векторов) $\mathbf{Y}^{(l)}$. Поскольку при малом размере выборки анализ не позволяет определить несоответствие нормальному закону распределения, рассмотрен частный случай, когда векторы $\mathbf{Y}^{(l)}$ имеют совместные нормальные распределения. В этом случае коэффициент тесноты взаимозависимости между случайными векторами $\mathbf{Y}^{(1)}$, ..., $\mathbf{Y}^{(n)}$ определяется через определители корреляционных матриц по формуле (Тырсин, 2022)

$$D_{e,n} \left(\bigcup_{j=1}^n \mathbf{Y}^{(j)} \right) = 1 - \left(\left| \mathbf{R}_{\bigcup_{j=1}^n \mathbf{Y}^{(j)}} \right| / \prod_{j=1}^n \left| \mathbf{R}_{\mathbf{Y}^{(j)}} \right| \right)^{n / \sum_{j=1}^n m_j}. \quad (1)$$

Для оценки тесноты корреляционной связи между компонентами одного случайного вектора $\mathbf{Y}^{(l)}$ применяется формула (Pena, Rodriguez, 2003)

$$D_e \left(\mathbf{Y}^{(l)} \right) = 1 - \left| \mathbf{R}_{\mathbf{Y}^{(l)}} \right|^{1/m_l}. \quad (2)$$

Также в целях исследования влияния интенсивности распространения пандемии на социально-экономические показатели введем частный коэффициент корреляции, который будет выступать в качестве меры измерения тесноты взаимосвязи между показателями и месячными данными заболеваемости в Свердловской области. Определяться коэффициент будет по формуле (Айвазян и др., 1985)

$$r_{ij \setminus 1, \dots, m} = -R_{ij} / \sqrt{R_{ii} R_{jj}}, \quad (3)$$

где R_{ij} , R_{ii} , R_{jj} — алгебраические дополнения соответствующих ij , ii , jj элементов дополненной корреляционной матрицы в табл. 5.

Для сравнения корреляционных матриц периодов «до» и «во время» пандемии воспользуемся тестом Вальда, предложенным в работе (Jennrich, 1970). Пусть m — число корреляционных матриц, тогда $\mathbf{R}_1, \dots, \mathbf{R}_m$ — корреляционные матрицы, полученные из k -мерных выборок размером $N_1, \dots, N_m$, таким образом, $N = \sum_{i=1}^m N_i$. Тогда,

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \left\{ 0,5 \operatorname{tr}(\mathbf{Z}_i^2) - \operatorname{diag}(\mathbf{Z}_i) \mathbf{S}^{-1} \operatorname{diag}(\mathbf{Z}_i) \right\}, \quad (4)$$

где $\mathbf{S} = (\mathbf{I} + \bar{\mathbf{R}} \bullet \bar{\mathbf{R}}^{-1})$; $\bar{\mathbf{R}} = \left(\sum_{i=1}^m \mathbf{R}_i N_i \right) / N$, $\mathbf{Z}_i = \sqrt{N_i} \bar{\mathbf{R}}^{-1} (\mathbf{R}_i - \bar{\mathbf{R}})$; « $\bullet$ » — произведение Адамара; χ^2 имеет асимптотическое распределение с числом степеней свободы $(m-1)k(k-1)/2$.

Воспользуемся формулами (1)–(3). Согласно табл. 1 введем следующие множества показателей: $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_{12})$ — система всех анализируемых показателей; $\mathbf{X}^{(1)} = (X_1, X_2)$ — подсистема показателей «Демография»; $\mathbf{X}^{(2)} = (X_3, X_4, X_5, X_6)$ — подсистема показателей «Социальная сфера»; $\mathbf{X}^{(3)} = (X_7, X_8, X_9)$ — подсистема показателей «Производство товаров и услуг»; $\mathbf{X}^{(4)} = (X_{10}, X_{11}, X_{12})$ — подсистема показателей «Рынки товаров и услуг».

В табл. 5 и 6 представлены матрицы частных коэффициентов корреляции для рассматриваемых показателей «до» и «во время» пандемии COVID-19 в Свердловской области, соответственно. Корреляционный анализ выявил логичные сильные взаимосвязи между отдельными социально-экономическими показателями региона, которые в период пандемии COVID-19 были нарушены. Так, сильная обратная взаимосвязь между уровнем регистрируемой безработицы (X_3) и объемом производства товаров и услуг (X_7) с ухудшением эпидемиологической ситуации ослабела вдвое. В то

Таблица 5. Корреляционная матрица для рассматриваемых социально-экономических показателей Свердловской области до пандемии

Показатель	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
X_1	1,00	0,31	0,11	-0,23	-0,19	-0,34	-0,43	-0,42	-0,28	-0,33	-0,42	-0,38
X_2	0,31	1,00	0,28	-0,46	0,39	-0,06	-0,31	-0,10	-0,37	-0,18	-0,15	-0,09
X_3	0,11	0,28	1,00	-0,39	-0,03	-0,74	-0,64	-0,56	-0,17	-0,46	-0,51	-0,51
X_4	-0,23	-0,46	-0,39	1,00	-0,02	0,37	0,75	0,60	0,67	0,78	0,53	0,40
X_5	-0,19	0,39	-0,03	-0,02	1,00	0,17	0,21	0,28	-0,32	0,11	0,36	0,35
X_6	-0,34	-0,06	-0,74	0,37	0,17	1,00	0,62	0,70	0,28	0,61	0,56	0,76
X_7	-0,43	-0,31	-0,64	0,75	0,21	0,62	1,00	0,86	0,54	0,86	0,78	0,54
X_8	-0,42	-0,10	-0,56	0,60	0,28	0,70	0,86	1,00	0,53	0,84	0,75	0,52
X_9	-0,28	-0,37	-0,17	0,67	-0,32	0,28	0,54	0,53	1,00	0,72	0,42	0,21
X_{10}	-0,33	-0,18	-0,46	0,78	0,11	0,61	0,86	0,84	0,72	1,00	0,75	0,50
X_{11}	-0,42	-0,15	-0,51	0,53	0,36	0,56	0,78	0,75	0,42	0,75	1,00	0,42
X_{12}	-0,38	-0,09	-0,51	0,40	0,35	0,76	0,54	0,52	0,21	0,50	0,42	1,00

Таблица 6. Корреляционная матрица для рассматриваемых социально-экономических показателей Свердловской области во время пандемии

Показатель	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
X_1	1,00	0,28	-0,01	0,28	-0,44	0,12	0,60	0,08	0,08	0,29	0,19	0,29
X_2	0,28	1,00	0,24	0,11	0,25	0,32	0,20	0,38	0,26	0,33	-0,09	0,03
X_3	-0,01	0,24	1,00	-0,20	0,28	0,19	-0,35	-0,26	0,07	-0,25	-0,33	-0,43
X_4	0,28	0,11	-0,20	1,00	-0,31	-0,17	0,59	0,27	0,73	0,59	0,27	0,29
X_5	-0,44	0,25	0,28	-0,31	1,00	0,22	-0,44	0,05	-0,30	-0,07	-0,19	-0,38
X_6	0,12	0,32	0,19	-0,17	0,22	1,00	0,01	0,53	-0,28	0,10	0,05	-0,03
X_7	0,60	0,20	-0,35	0,59	-0,44	0,01	1,00	0,24	0,31	0,54	0,55	0,67
X_8	0,08	0,38	-0,26	0,27	0,05	0,53	0,24	1,00	0,22	0,34	0,12	0,15
X_9	0,08	0,26	0,07	0,73	-0,30	-0,28	0,31	0,22	1,00	0,44	0,15	0,18
X_{10}	0,29	0,33	-0,25	0,59	-0,07	0,10	0,54	0,34	0,44	1,00	0,56	0,54
X_{11}	0,19	-0,09	-0,33	0,27	-0,19	0,05	0,55	0,12	0,15	0,56	1,00	0,92
X_{12}	0,29	0,03	-0,43	0,29	-0,38	-0,03	0,67	0,15	0,18	0,54	0,92	1,00

время как снижались темпы производства по Свердловской области, наблюдался всплеск регистрируемой безработицы в ответ на рост размера пособия и упрощение процедуры его назначения.

Аналогичные изменения произошли со следующими парами показателей:

«Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами» (X_7) — «Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство»» (X_8). В промышленном производстве снизились только темпы роста, а в строительстве значительно сократились его объемы (за сентябрь—декабрь 2020 г. — с 28,4 до 3,1 млрд руб.), что связано, в частности, с дефицитом рабочей силы из-за закрытия границ;

«Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников по полному кругу организаций» (X_4) — «Оборот розничной торговли» (X_{10}). В Свердловской области сохранился плановый рост оплаты труда с некоторым снижением его уровня в 2021 г., а в сфере розничной торговли пришлось существенно адаптироваться к новым условиям, в том числе за счет потерь в обороте.

Нарушения этих связей являются реакцией на регулирующие меры по борьбе с распространением COVID-19, что сформировало такие разнонаправленные тенденции по этим показателям. В то же время в Свердловской области сохранилась значимая прямая взаимосвязь между заработной платой (X_4)

и производством продуктов животноводства (X_9). Такая ситуация объясняется, с одной стороны, принятыми политическими мерами, направленными на поддержание доходов и занятости населения (списание кредитной задолженности, при поддержании списочной численности сотрудников, «нерабочие дни» с сохранением зарплаты и др.) и, с другой стороны, — отсутствием ограничительных мер в отношении предприятий животноводства как предприятий непрерывного цикла.

Кроме того, введение ограничительных мер закономерно повлияло на усиление взаимосвязи между такими парами показателей:

— «Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников по полному кругу организаций» (X_4) — «Производство продуктов животноводства в сельскохозяйственных организациях» (X_9);

— «Уровень регистрируемой безработицы» (X_3) — «Всего зарегистрировано преступлений» (X_5);

— «Оборот розничной торговли» (X_{10}) — «Объем платных услуг населению» (X_{12}), что связано с введением локдаунов;

— «Оборот общественного питания» (X_{11}) — «Объем платных услуг населению» (X_{12}), строгие санитарно-эпидемиологические ограничения по перемещению граждан.

Введем в рассмотрение дополнительный показатель, отражающий интенсивность распространения пандемии в Свердловской области — число заражений коронавирусной инфекцией в Свердловской области, человек в месяц (X_{13}). Рассчитаем частные коэффициенты корреляции показателей X_1 — X_{12} с X_{13} (табл. 7).

Данные результаты свидетельствуют о фактическом отсутствии значимого прямого влияния пандемии на изменения исследуемых показателей, следовательно, именно принятые меры по ограничению распространения коронавируса повлекли за собой эти изменения. Однако это не дает оснований утверждать о неэффективности принятых ограничений, так как последствия свободного распространения коронавирусной инфекции могли быть более тяжелыми. Таким образом, говоря о влиянии пандемии на социально-экономические показатели, следует иметь в виду влияние совокупности факторов, среди которых как сама пандемия COVID-19, так и соответствующие ей ограничительные меры.

Результаты расчета коэффициентов корреляционной связи между различными группами социально-экономических показателей Свердловской области «до» и «во время» пандемии COVID-19 по формулам (1) и (2) приведены в табл. 8.

Таблица 7. Частные коэффициенты корреляционной связи между социально-экономическими показателями Свердловской области и интенсивностью распространения пандемии

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
0,094	−0,244	−0,096	−0,164	−0,031	−0,002
X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
0,176	0,046	0,094	−0,044	−0,152	0,124

Таблица 8. Коэффициенты корреляционной связи между различными группами социально-экономических показателей Свердловской области «до» и «во время» пандемии COVID-19

Коэффициент	Период до пандемии	Период во время пандемии	Изменение
$D_e(X^{(1)})$	0,050	0,040	−0,010
$D_e(X^{(2)})$	0,226	0,068	−0,158
$D_e(X^{(3)})$	0,433	0,059	−0,374
$D_e(X^{(4)})$	0,313	0,533	0,221
$D_e(X)$	0,616	0,545	−0,072
$D_{e,2}(X^{(1)} \cap X^{(2)})$	0,260	0,195	−0,066
$D_{e,2}(X^{(1)} \cap X^{(3)})$	0,194	0,233	0,039
$D_{e,2}(X^{(1)} \cap X^{(4)})$	0,106	0,168	0,062
$D_{e,2}(X^{(2)} \cap X^{(3)})$	0,516	0,515	−0,001
$D_{e,2}(X^{(2)} \cap X^{(4)})$	0,512	0,274	−0,238
$D_{e,2}(X^{(3)} \cap X^{(4)})$	0,536	0,282	−0,254
$D_{e,4}(X^{(1)} \cap X^{(2)} \cap X^{(3)} \cap X^{(4)})$	0,919	0,890	−0,029

Как видно из данных в табл. 8, во время пандемии ослабела взаимосвязь как между подсистемами, так и внутри подсистем и всей системы показателей. Это может свидетельствовать о снижении согласованности и некоторой хаотизации социально-экономической системы региона. Исключение наблюдается только в следующих случаях:

- в период пандемии значительно (с 0,313 до 0,533) вырос коэффициент корреляционной связи между показателями подсистемы «Рынки товаров и услуг»,
- менее значительно выросла взаимосвязь между подсистемами «Демография» и «Производство товаров и услуг», а также подсистемами «Демография» и «Рынки товаров и услуг».

Также следует обратить внимание на то, что практически остались неизменными коэффициенты корреляционной связи между подсистемой «Социальная сфера» с подсистемой «Производство товаров и услуг».

Сравним корреляционные матрицы, воспользовавшись критерием Вальда (4). Нулевой гипотезой в данном случае будет являться предположение об их равенстве, которая будет выполнена в случае если вычисленная статистика будет меньше критической. В результате расчетов при числе степеней свободы, равном $df = 66$, χ^2 будет равен 340,02 при $\chi^2_{\text{крит}} = 107,26$. Следовательно, вероятность выполнения нулевой гипотезы $p \ll 0,05$, и мы ее отклоняем; а это свидетельствует о наличии статистически значимых различий между сравниваемыми корреляционными матрицами для периодов «до» и «во время» пандемии.

Задача 3. Анализ влияния пандемии COVID-19 на тенденции социально-экономических показателей

Имеем набор из 12 социально-экономических показателей Свердловской области ($X^1, \dots, X^{12}$) за период с марта 2016 г. по июнь 2021 г. Для анализа влияния пандемии на тенденции показателей использована модель временных рядов в форме авторегрессии (AR), предполагающая линейную зависимость показателя в текущий момент времени от его предыдущих значений. Для учета сезонности показателей рассмотрен авторегрессионный процесс, определяющийся формулой

$$X_t^k = \sum_{i=1}^3 a_i^k X_{t-p_i}^k + \varepsilon_t, \quad (5)$$

где a_i^k — коэффициенты авторегрессии; ε_t — случайная ошибка (белый шум); $p = \{1, 3, 12\}$ — временной лаг в 1 месяц, 1 квартал и 1 год; k — номер показателя.

Отметим, что некоторые показатели являются коррелированными. Однако выяснение причинно-следственных связей между показателями требует проведения отдельных исследований. Модель (5) основана на предположении: совокупное влияние факторов X_t^i формирует внутренние закономерности в развитии процесса X_t^k , что дает возможность применить для его описания математическую модель из специфического класса моделей временных рядов (Тихомиров, Дорохина, 2003, с. 184). Это позволяет обойтись без рассмотрения в модели других переменных в виде регрессоров. Авторегрессионные модели из-за этого проигрывают в точности прогнозирования многофакторным моделям, но нас здесь интересует прежде всего исследование характера динамики рассматриваемых показателей.

Таким образом, рассмотрено влияние временного лага для 1, 3 и 12 месяцев. Выбор числа временных лагов и соответствующих им временных промежутков обусловлен характером сезонности исследуемых показателей и поставленной задачей в виде сравнения поведения показателей в периоды «до» и «во время» пандемии, в рамках которой отсутствует необходимость определения оптимального числа лагов на основе информационных критериев.

Стандартным методом оценивания коэффициентов является метод наименьших квадратов (МНК), который для получения состоятельных и несмещенных оценок требует выполнения ряда предпосылок, называемых условиями Гаусса—Маркова (Демиденко, 1981).

Однако исходные временные ряды показателей, как показано в (Голованов и др., 2022), имеют резкие скачки, вызванные как эффектом сезонности, так и принятыми антиковидными ограничениями. В этой ситуации использование МНК может привести к значительным отклонениям от истинных значений искомых параметров (Вучков, Бояджиева, Солаков, 1987). Поэтому с целью достижения большей устойчивости в условиях стохастической неоднородности данных при проведении регрессионного анализа вместо МНК был использован метод наименьших модулей (МНМ)

(Мудров, Кушко, 2022). Статистические свойства МНМ-оценок исследованы в ряде публикаций (Болдин, Симонова, Тюрин, 1998; Basset, Koenker, 1978; Pollard, 1991).

Нахождение параметров модели (5) выполнено с помощью алгоритма градиентного спуска по узловым прямым (Тырсин, Голованов, 2021).

Пусть $\Omega: \{\Omega_1, \dots, \Omega_n\}$ будет множеством всех гиперплоскостей вида

$$\Omega_i = \Omega(\mathbf{a}, \mathbf{x}_i, y_i) = y_i - \mathbf{a}, \mathbf{x}_i = 0, \quad i = 1, \dots, n.$$

Тогда узловая точка будет представлять собой точку пересечения m независимых гиперплоскостей $\mathbf{u} = \bigcap_{s \in M} \Omega_s$, $M = \{k_1, \dots, k_m\}$, $k_1 < \dots < k_m$, $k_i \in \{1, \dots, n\}$.

Обозначим U — множество всех узловых точек. Назовем *узловой* такую прямую, которая будет являться пересечением $(m-1)$ независимых гиперплоскостей $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})} : \bigcap \Omega_i, i \in \{k_1, \dots, k_{m-1}\}$, $k_i \in \{1, \dots, n\}$.

Метод основывается на использовании геометрических особенностей целевой функции в МНМ и нахождении ее точного минимума в одной из узловых точек. Алгоритм градиентного спуска по узловым прямым позволяет найти этот минимум за конечное число шагов.

В табл. 9 приведены полученные коэффициенты авторегрессии для показателей $(X^1, \dots, X^{12})$ «до» и «во время» пандемии COVID-19.

Для всех случаев суммы коэффициентов авторегрессии оказались практически равными 1 (лежат в диапазоне от 0,9 до 1,1), т.е. все рассматриваемые показатели, как «до», так и «во время» пандемии, являются нестационарными. Поскольку это может свидетельствовать о наличии стохастических трендов (случайное блуждание без дрейфа и с дрейфом), то оценка статистической значимости коэффициентов не имеет смысла (Nelson, Kang, 1984; Лукашин, 2003, с. 271). Поэтому ограничимся лишь сравнением значений коэффициентов авторегрессии «до» и «во время» пандемии.

Полученные в табл. 9 результаты дополняют выводы, сделанные ранее в работе (Голованов и др., 2022), согласно которым пандемия не оказала или оказала минимальное влияние на характер трендов следующих показателей: число зарегистрированных родившихся (X_2); среднемесячная заработная плата работников (X_4); число преступлений (X_5); количество ДТП (X_6); объем строительных работ (X_8); производство продуктов животноводства в сельскохозяйственных организациях (X_9). Согласно полученным результатам коэффициенты авторегрессии изменились незначительно — в пределах 0,2, что, в свою очередь, может свидетельствовать о сохранении формы их тренда. Разумеется, это не говорит об отсутствии различий средних значений этих показателей в рассматриваемых периодах.

Таблица 9. Коэффициенты авторегрессионной модели для временных лагов в 1, 3 и 12 месяцев «до» и «во время» пандемии COVID-19

Показатель	Коэффициент			Показатель	Коэффициент		
	$t-1$	$t-3$	$t-12$		$t-1$	$t-3$	$t-12$
X_1	0,196	0,176	0,599	X_7	0,531	0,344	0,161
	0,435	0,009	0,624		0,748	0,135	0,146
	0,092	0,117	0,718		0,161	0,042	0,913
X_2	-0,026	0,312	0,681	X_8	0,147	0,070	0,845
	0,888	-0,302	0,397		0,012	-0,006	1,002
	1,312	-0,352	0,023		0,023	0,063	0,898
X_3	0,023	-0,002	1,022	X_9	0,003	0,032	0,978
	0,050	0,034	0,946		0,456	0,130	0,395
	0,404	0,160	0,419		0,133	0,028	0,838
X_4	0,420	0,011	0,543	X_{10}	0,952	-0,050	0,107
	0,418	0,023	0,560		0,153	-0,112	0,991
	0,309	0,037	0,620		1,059	-0,198	0,130
X_5				X_{11}			
X_6				X_{12}			

Примечание. Коэффициенты «до» и «во время» пандемии — верхняя и нижняя строка для каждого показателя соответственно.

Исходя из полученных результатов, видна некоторая закономерность: у показателей возросло влияние краткосрочных (лаг 1 и 3 месяца) и сократилось влияние долгосрочных (лаг 12 месяцев) изменений. Это демонстрирует резкие изменения во время пандемии и отход от уже устоявшегося общего тренда показателей, а также об их попытке подстроиться под текущую хаотичную ситуацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование представляет собой анализ последствий экономической нестабильности, вызванной пандемией COVID-19, на социально-экономическое развитие Свердловской области. В рамках данной статьи поставлены и решены три задачи, и их решения позволяют проанализировать социально-экономическую систему региона в целом. Во-первых, проведена оценка общих изменений в социально-экономическом состоянии региона в результате пандемии COVID-19 и введения ограничительных мер.

В результате проведения дискриминантного анализа удалось статистически значимо разделить совокупность социально-экономических показателей «до» и «во время» пандемии на два кластера. Наибольший вклад в разделение на кластеры внесли число родившихся, оборот общественного питания и объем товаров, работ и услуг, выполненных собственными силами. В их динамике наиболее явно прослеживается влияние пандемии COVID-19 в Свердловской области. Эти социально-экономические показатели в наибольшей степени отреагировали на изменения и в то же время быстро адаптировались к ним. Такую динамику можно объяснить тем, что первый показатель в долгосрочной перспективе все же определяется сложившимися репродуктивными установками в обществе, а два других показателя приспособились к новым условиям за счет быстрого изменения потребительского поведения населения, для которого сформировалась соответствующая инфраструктура (службы доставки, онлайн-сервисы и пр.).

Во-вторых, выявлено влияние пандемии COVID-19 на характер и структуру взаимосвязей между социально-экономическими показателями региона. Многомерный корреляционный анализ установил, что в результате введения ограничительных и поддерживающих мер сформировались разнонаправленные тенденции по социально-экономическим показателям региона, которые нарушили ранее сложившиеся взаимосвязи между ними. Так, например, в Свердловской области, с одной стороны, сохранился планомерный рост оплаты труда, рост промышленного производства только замедлился, а, с другой стороны, произошел спад в строительстве и резкий рост регистрируемой безработицы. Разрыв этих взаимосвязей является реакцией на регулирующие меры борьбы с распространением COVID-19 — только отдельные сферы получили существенную поддержку со стороны государства, а другие без его внимания испытали значительный спад. Только при возобновлении этих взаимосвязей можно рассчитывать на восстановление социально-экономической ситуации в Свердловской области.

В-третьих, для того чтобы учесть отложенный эффект влияния на текущие значения показателей, проведен анализ последствий пандемии COVID-19 на тенденции социально-экономических показателей региона с учетом возможного их запаздывания и сезонного колебания. Для этого для каждого показателя были получены авторегрессионные уравнения «до» и «во время» пандемии COVID-19, где каждый показатель зависит от собственных значений в предыдущий месяц, три месяца и год назад. Согласно полученным значениям коэффициентов авторегрессии пандемия вызвала взрывные изменения в динамике уровня регистрируемой безработицы, оборота общественного питания и объема платных услуг населению.

Результаты авторегрессионного анализа выявили определенную закономерность: на социально-экономические показатели Свердловской области возросло влияние краткосрочных изменений (лаг в 1 и 3 месяца), но сократилось влияние условно долгосрочных изменений (лаг в 1 год). Выявленная закономерность свидетельствует о резких и значительных изменениях во время пандемии и об отклонении от уже устоявшихся трендов, а также об их попытке подстроиться под текущую хаотичную ситуацию.

Важно отметить, что представленное исследование проводилось не по отдельным социально-экономическим показателям Свердловской области, а по их совокупности, что позволило представить целостный анализ последствий экономической нестабильности, вызванной пандемией COVID-19.

Процесс выхода из экономической нестабильности, вызванной последствиями пандемии COVID-19, наложился на социально-экономическое потрясение, обусловленное усилением

в 2022 г. санкционного давления. Как отмечают многие эксперты, «пандемийный кризис» выступил своего рода репетицией текущего кризиса, подготовив российскую экономику к экономической изоляции. Поэтому в современных российских реалиях при совершенствовании экономической политики, в том числе на региональном уровне, требуется учесть опыт государственного управления в период пандемии и успешные практики адаптации к новым условиям бизнес-структур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.** (1989). Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика. 607 с. [Ayvazyan S.A., Bukhstaber V.M., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. (1989). *Applied statistics: Classification and dimension reduction*. Moscow: Finansy i Statistika. 607 p. (in Russian).]
- Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.** (1985). Прикладная статистика: Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика. 487 с. [Ayvazyan S.A., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. (1985). *Applied statistics: Dependency research*. Moscow: Finansy i Statistika, 487 p. (in Russian).]
- Болдин М.В., Симонова Г.И., Тюрин Ю.Н.** (1997). Знаковый статистический анализ линейных моделей. М.: Наука, Физматлит. 288 с. [Boldin M.V., Simonova G.I., Tyurin Yu.N. (1997). *Sign statistical analysis of linear models*. Moscow: Nauka, Fizmatlit. 288 p. (in Russian).]
- Васиев М., Би К., Денисов А., Бочарников В.** (2020). Влияние пандемии Covid-19 на устойчивость экономики Китая // *Форсайт*. Т. 14. № 2. С. 7–22. [Vasiev M., Bi K., Denisov A., Bocharnikov V. (2020). The impact of the covid-19 pandemic on the sustainability of the Chinese economy. *Foresight and STI Governance*, 14, 2, 7–22 (in Russian).]
- Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия (1999). Гл. ред. Ю.В. Прохоров. М.: Большая Российская энциклопедия. 910 с. [Probability and mathematical statistics: Encyclopedia (1999). Yu.V. Prokhorov (Editor-in-chief). Moscow: Bolshaya Rossijskaya Enciklopediya. 910 p. (in Russian).]
- Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е.** (1987). Прикладной линейный регрессионный анализ. Пер. с болг. М.: Финансы и статистика. 239 с. [Vuchkov I., Boyadzhieva L., Solakov E. (1987). *Applied linear regression analysis*. Transl. from the Bolg. Moscow: Finansy i Statistika. 239 p. (in Russian).]
- Голованов О.А., Тырсин А.Н., Васильева Е.В.** (2022). Оценка влияния пандемии COVID-19 на тренды социально-экономического развития региона России: кейс Свердловской области // *Journal of Applied Economic Research*. Т. 21. № 2. С. 257–281. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.2.010. [Golovanov O.A., Tyrsin A.N., Vasilyeva E.V. (2022). Assessing the impact of the COVID-19 pandemic on the trends in socio-economic development of an industrial region in Russia. *Journal of Applied Economic Research*, 21, 2, 257–281. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.2.010 (in Russian).]
- Демиденко Е.З.** (1981). Линейная и нелинейная регрессия. М.: Финансы и статистика. 302 с. [Demidenko E.Z. (1981). *Linear and nonlinear regression*. Moscow: Finansy i Statistika. 302 p. (in Russian).]
- Лукашин Ю.П.** (2003). Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика. 416 с. [Lukashin Yu.P. (2003). *Adaptive methods of short-term forecasting of time series*. Moscow: Finansy i Statistika. 416 p. (in Russian).]
- Мудров В.И., Кушко В.Л.** (2022). Методы обработки измерений: квазиправдоподобные оценки. Изд. стереотип. М.: URSS. 304 с. [Mudrov V.I., Kushko V.L. (2022). *Measurement processing methods: Quasi-plausible estimates*. Ed. stereotype. Moscow: URSS. 304 p. (in Russian).]
- Омельяновский В.В., Авксентьева М.В., Деркач Е.В., Свешникова Н.Д.** (2011). Анализ стоимости болезни, проблемы и пути решения // *Педиатрическая фармакология*. Т. 8. № 3. С. 6–12. [Omelyanovsky V.V., Avksentieva M.V., Derkach E.V., Sveshnikova N.D. (2011). Cost analysis of the disease, problems and solutions. *Pediatric Pharmacology*, 8, 3, 6–12 (in Russian).]
- Онищенко Г.Г., Сизикова Т.Е., Лебедев В.Н., Борисевич С.В.** (2022). Вариант “омикрон” вируса SARS-COV-2 как доминантный агент нового подъема заболевания в условиях пандемии COVID-19 // *Вестник Российской академии наук*. Т. 92. № 7. С. 636–646. DOI: 10.31857/S0869587322070131 [Onishchenko G.G., Sizikova T.E., Lebedev V.N., Borisevich S.V. (2022). The “omicron” variant of the SARS-COV-2 virus as the dominant agent of a new rise in the disease in the COVID-19 pandemic. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 92, 7, 636–646. DOI: 10.31857/S0869587322070131 (in Russian).]
- Смирнов Е.Н.** (2020). «Мировая экономика коронавируса»: поиск оптимальных путей преодоления последствий кризиса // *Вестник МГИМО-Университета*. № 13 (3). С. 243–266 DOI: 10.24833/2071-8160-2020-3-72-243-266. [Smirnov E.N. (2020). “The world economy of coronavirus”: The search for optimal ways to overcome the consequences of the crisis. *MGIMO Review of International Relations*, 13 (3), 243–266. DOI: 10.24833/2071-8160-2020-3-72-243-266 (in Russian).]

- Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г., Шефер М. (1999). Многомерный статистический анализ в экономике. М.: Финансы и статистика. 598 с. [Soshnikova L.A., Tamashevich V.N., Uebe G., Shefer M. (1999). *Multivariate statistical analysis in economics*. Moscow: Finansy i Statistika. 598 p. (in Russian).]
- Степанов В.С. (2020). Зависимость уровня смертности в регионах от распространенности активных носителей SARS-CoV-2 и ресурсов организаций здравоохранения // *Анализ риска здоровью*. № 4. С. 12–22. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.02 [Stepanov V.S. (2020). Dependence of the mortality rate in the regions on the prevalence of active carriers of SARS-CoV-2 and the resources of healthcare organizations. *Health Risk Analysis*, 4, 12–22. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.02 (in Russian).]
- Степанов В.С. (2022). Оценка уровня смертности, обусловленной SARS-CoV-2, в регионах России, на основе эконометрической модели // *Инфекция и иммунитет*. Т. 12. № 4. С. 783–789. DOI: 10.15789/2220-7619-ASR-1846 [Stepanov V.S. (2022). Estimation of the level of mortality caused by SARS-CoV-2 in the regions of Russia, based on an econometric model. *Russian Journal of Infection and Immunity*, 12, 4, 783–789. DOI: 10.15789/2220-7619-ASR-1846 (in Russian).]
- Тихомиров Н.П., Дорохина Е.Ю. (2003). Эконометрика. М.: Экзамен. 512 с. [Tihomirov N.P., Dorohina E. Yu. (2003). *Econometrics*. Moscow: Ekzamen. 512 p. (in Russian).]
- Тырсин А.Н. (2022). Скалярная мера взаимосвязи между несколькими случайными векторами // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. Т. 88. № 3. С. 73–80. DOI: 10.26896/1028-6861-2022-88-3-73-80 [Tyrsin A.N. (2022). Scalar measure of the relationship between several random vectors. *Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials*, 88, 3, 73–80. DOI: 10.26896/1028-6861-2022-88-3-73-80 (in Russian).]
- Тырсин А.Н., Голованов О.А. (2021). Динамическое регрессионное моделирование на основе градиентного спуска по узловым прямым // *Современные наукоемкие технологии*. № 10. С. 88–93. DOI: 10.17513/snt.38859. [Tyrsin A.N., Golovanov O.A. (2021). Dynamic regression modeling based on gradient descent along nodal straight lines. *Modern High Technologies*, 10, 88–93. DOI: 10.17513/snt.38859 (in Russian).]
- Цветков В.А., Дудин М.Н. (2020). Пандемия COVID-19 как угроза продовольственной и экономической безопасности страны // *Экономика и управление*. № 26 (4). С. 334–344. DOI: 10.35854/1998-1627-2020-4-334-344 [Tsvetkov V.A., Dudin M.N. (2020). The COVID-19 pandemic as a threat to the country's food and economic security. *Economics and Management*, 26 (4), 334–344. DOI: 10.35854/1998-1627-2020-4-334-344 (in Russian).]
- Цухло С.В. (2021). Адаптация российской промышленности к кризису 2020 г. // *Экономическое развитие России*. Т. 28, № 10. С. 16–18. [Tsukhlo S.V. (2021). Adaptation of Russian industry to the crisis of 2020. *Russian Economic Development*, 28, 10, 16–18 (in Russian).]
- Шмат В. (2022). Экономический рост или гармоничное социально-экономическое развитие? Часть I. Теоретико-методический взгляд // *ЭКО*. № 52 (6). С. 89–110. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-6-89-110 [Shmat V. (2022). Economic growth or harmonious socio-economic development? Part I. Theoretical and methodological view. *ECO Journal*, 52 (6), 89–110. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2022-6-89-110 (in Russian).]
- Эсбенсен К. (2005). Анализ многомерных данных. Избранные главы: пер. с англ. Черноголовка: Изд-во Института проблем химической физики (ИПХФ) РАН. 160 с. [Esbensen K. (2005). *Analysis of multidimensional data. Selected chapters*. Transl. from the English. Chernogolovka: Publisher of the Institute of Problems of Chemical Physics of the RAS (IPCP) RAS. 160 p. (in Russian).]
- Basset G.W., Koenker R. (1978). Asymptotic theory of least absolute error. *Journal of the American Statistical Association*, 73, 618–622.
- Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M. (2015). *Time series analysis: Forecasting and control*. 5th ed. Hoboken: Wiley. 712 p.
- Brahmbhatt M., Dutta A. (2008). On SARS type economic effects during infectious disease outbreaks. *World Bank Policy Research Working Paper*, 4466. Available at: <https://ssrn.com/abstract=1081740>
- Hardle W.K., Simar L. (2019). *Applied multivariate statistical analysis*. 5th ed. Berlin Heidelberg: Springer. 558 p.
- Jennrich R.I. (1970). An asymptotic χ^2 test for the equality of two correlation matrices. *Journal of the American Statistical Association*, 65 (330), 904–912. DOI: 10.2307/2284596
- Jonung L., Roeger W. (2006). The Macroeconomic Effects of a Pandemic in Europe — a model-based assessment. DOI: 10.2139/ssrn.920851
- Nelson C.R., Kang H. (1984). Pitfalls in the use of time as explanatory variable in regression. *Journal of Business and Economic Statistics*, 2, 73–82.
- Pena D., Rodriguez J. (2003). Descriptive measures of multivariate scatter and linear dependence. *Journal of Multivariate Analysis*, 85, 2, 361–374. DOI: 10.1016/S0047-259X(02)00061-1
- Pollard D. (1991). Asymptotics for least absolute deviation regression estimators. *Econometrics Theory*, 7, 186–199.
- Ward J.D., Sutton P.C., Werner A.D., Costanza R., Mohr S.H., Simmons C.T. (2016). Is decoupling GDP growth from environmental impact possible? *PLoS ONE*, 11 (10), e0164733. DOI: 10.1371/journal.pone.0164733

Impact of the COVID-19 pandemic on the socio-economic development of the region

© 2023 O.A. Golovanov, A.N. Tyrsin, E.V. Vasilyeva

O.A. Golovanov,

*Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia;
e-mail: golovanov.oa@uiec.ru*

A.N. Tyrsin,

*Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ural Federal University named
after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia; e-mail: at2001@yandex.ru*

E.V. Vasilyeva,

*Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia;
e-mail: vasilyeva.ev@uiec.ru*

Received 20.10.2022

The article was prepared according to the Research Plan of the Institute of Economics, The Ural Branch of RAS.

Abstract. The article presents an analysis of the consequences of economic instability caused by the COVID-19 pandemic for the socio-economic development of the region. The study was carried on the example of the Sverdlovsk region according to the Federal State Statistics Service. The article sets and solves three research problems. First, to assess how the overall socio-economic condition of the region has changed because of the COVID-19 pandemic. Second, to identify the impact of the COVID-19 pandemic on the nature and structure of the relationship between the socio-economic indicators of the region. Third, to analyze the impact of the COVID-19 pandemic on the trends in the socio-economic indicators of the region, considering their possible delay and seasonal fluctuations. The first task is solved using statistical methods of pattern recognition, the second task — by methods of multivariate correlation analysis, and for the third task stochastic time series models are used. The largest contribution to the division into clusters was made by the number of births, the turnover of public catering and the volume of goods, works and services performed on their own; their dynamics most clearly traces the impact of the COVID-19 pandemic in the Sverdlovsk region. Multidimensional correlation analysis established that because of the introduction of restrictive and supportive measures, multidirectional trends in the socio-economic indicators of the region were formed, which violated the previously established relationships between them. Based on the obtained coefficients of the autoregressive model, one can find a certain pattern consisting in the growth of the influence of short-term (lag 1 and 3 months) and the decrease of the long-term influence (lag 12 months) change in indicators. According to the calculations obtained, the economy of the Sverdlovsk region during the analyzed period failed to overcome the destabilizing effect of the consequences of the COVID-19 pandemic.

Keywords: pandemic, COVID-19, socioeconomic development, economic instability, region, discriminant analysis, multivariate correlation analysis, autoregression.

JEL Classification: C10, O11, R11.

For reference: **Golovanov O.A., Tyrsin A.N., Vasilyeva E.V.** (2023). Impact of the COVID-19 pandemic on the socio-economic development of the region. *Economics and Mathematical Methods*, 59, 2, 54–67. DOI: 10.31857/S042473880022737-9