

Научно-практический
рецензируемый журнал

СТАТИСТИКА И ЭКОНОМИКА
Том 19. № 4. 2022

Учредитель:
РЭУ им. Г.В. Плеханова

Главный редактор
Виталий Григорьевич Минашкин

Зам. главного редактора
Елена Алексеевна Егорова
Павел Александрович Смелов

Ответственный редактор
Никита Дмитриевич Эпштейн

Технический редактор
Елена Ивановна Аникеева

Журнал издается с 2004 года.
Свидетельство о регистрации СМИ:

ПИ № ФС77-65889

от 27.05.16 г.

ISSN 2500-3925 (Print)

Все права на материалы,
опубликованные
в номере, принадлежат журналу
«Статистика и экономика».
Перепечатка материалов,
опубликованных в журнале, без
разрешения редакции запрещена.
При цитировании материалов ссылка
на журнал «Статистика и экономика»
обязательна.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов

Журнал включен ВАКом в перечень
периодических научных изданий.

Тираж журнала
«Статистика и экономика»
1500 экз.

Адрес редакции:
117997, г. Москва,
Стремянный пер., 36, корп. 6, офис 345
Тел.: (499) 237-83-31, (доб. 18-04)
E-mail: Smelov.PA@rea.ru
Адрес сайта: www.statecon.rea.ru

Подписной индекс журнала
в каталоге «РОСПЕЧАТЬ»: 80246

© ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2020

Подписано в печать 15.08.22.
Формат 60x84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 12. Тираж 1500 экз.
Заказ

Напечатано в ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36

СОДЕРЖАНИЕ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ СЧЕТА И МАКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

- Л.А. Рустамова, У.Я. Керимова, Х.Д. Эфендиева*
Анализ долгосрочных связей между денежной массой
и индексом потребительских цен Азербайджанской
Республики..... 4

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

- О.В. Морозов, М.А. Васильев*
Оценка информативности федерального бюджета и
бюджетного процесса в Российской Федерации..... 14

- И.А. Карпухно*
Оценка эффективности фискальной политики в контексте
социально-экономических интересов..... 35

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

- Т.А. Гуляева, Е.В. Такмакова, М.А. Козьявин, В.И. Савкин*
Народосбережение как фактор устойчивого социально-
экономического развития регионов России (на примере
Центрального федерального округа) 46

СОЦИАЛЬНАЯ СТАТИСТИКА

- П.Г. Николенко, А.М. Терехов*
Анализ состояния туристской отрасли России и
направления ее развития 57

СТАТИСТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

- А.А. Микрюков, М.Е. Мазуров*
Методический аппарат когнитивного моделирования
социально-экономической системы (университета) 71

- Р.А. Яхина*
Модификация эпидемиологической модели для
прогнозирования развития
социально-значимой инфекции (на примере хронического
вирусного гепатита С)..... 87

Scientific and practical reviewed
journal

STATISTICS AND ECONOMICS
Vol. 19. № 4. 2022

Founder:
Plekhanov Russian University of
Economics

Editor in chief
Vitaliy G. Minashkin

Deputy editor
Elena A. Egorova
Pavel A. Smelov

Executive editor
Nikita D. Epshtein

Technical editor
Elena I. Anikeeva

Journal issues since 2004.
Mass media registration certificate:
ФЦ77-65889 от 27.05.16.
ISSN 2500-3925 (Print)

All rights for materials published in the
issue belong to the journal
«Statistics and Economics».

Reprinting of articles published in the
journal, without the permission of the
publisher is prohibited.

When citing a reference to the journal
«Statistics and Economics» is obligatory.

Editorial opinion may be different from
the views of the authors

The journal is included in the list of VAK
periodic scientific publications.
Journal articles are reviewed.
The circulation of the journal
«Statistics and Economics» –
1,500 copies.

Editorial office:
117997, Moscow,
Stremyanny lane. 36, Building 6, office 345
Tel.: (499) 237-83-31 (18-04)
E-mail: Smelov.PA@rea.ru
Web: www.statecon.rea.ru

Subscription index of journal
in catalogue «ROSPECHAT»: 80246

© Plekhanov Russian University of
Economics, 2020

Signed to print 15.08.22.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 12. 1500 copies.
Order

Printed in Plekhanov Russian University
of Economics,
Stremyanny lane. 36, Moscow, 117997,
Russia

CONTENTS

NATIONAL ACCOUNTS AND MACROECONOMIC STATISTICS

Lamiya A. Rustamova, Ulviyya Y. Karimova, Hacar A. Afandiyeva
Analysis of The Long-Term Links Between the Money Supply
and The Consumer Price Index of The Republic of Azerbaijan 4

ECONOMIC STATISTICS

Oleg V. Morozov, Mikhail A. Vasiliev
Information Content Assessment of the Federal Budget and
the Budget Process in the Russian Federation..... 14

Irina A. Karpukhno
Assessment of The Effectiveness of Fiscal Policy
in The Context of Socio-Economic Interests 35

DEMOGRAPHIC STATISTICS

*Tatiana A. Gulyaeva, Elena V. Takmakova,
Matvey A. Kozyavin, Vladimir I. Savkin*
Saving People as A Factor of Sustainable Socio-Economic
Development of Russian Regions
(on the Example of The Central Federal District) 46

SOCIAL STATISTICS

Polina G. Nikolenko, Andrey M. Terekhov
Analysis of The State of The Tourism Industry in Russia and
The Direction of Its Development..... 57

STATISTICAL AND MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMICS

Andrey A. Mikryukov, Mikhail E. Mazurov
Methodological Apparatus of Cognitive Modeling
of Socio-Economic System (University) 71

Renata A. Yakhina
Modification of Epidemiological Model for Predicting
the Development of a Socially Significant Infection
(by the Example of Chronic Viral Hepatitis C)..... 87

Редакционная коллегия

АСТАШОВА Ирина Викторовна, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры дифференциальных уравнений, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

АРХИПОВА Марина Юрьевна, д.э.н., профессор, факультет экономических наук, Департамент статистики и анализа данных, Высшая школа экономики – национальный исследовательский университет, Москва, Россия

БАКУМЕНКО Людмила Петровна, д.э.н., профессор, заведующая кафедрой прикладной статистики и информатики, Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

ВОЛКОВА Виолетта Николаевна, д.э.н., профессор, профессор кафедры системного анализа и управления, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

ГЕВОРКЯН Эдуард Аршавирович, д.ф.-м.н., профессор кафедры Высшей математики, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

ГЛИНКИНА Светлана Павловна, д.э.н., профессор, заведующая кафедрой общей экономической теории Московской школы экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

ЕЛИСЕЕВА Ирина Ильинична, д.э.н., профессор, член-корреспондент РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующая кафедрой статистики и эконометрики, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

ЗАРОВА Елена Викторовна, д.э.н., профессор, начальник отдела обработки и анализа статистической информации, Департамент экономической политики и развития города Москвы, руководитель Центрально-Евразийского представительства Международного статистического института, Москва, Россия

КАРМАНОВ Михаил Владимирович, д.э.н., профессор, профессор кафедры отраслевой и бизнес-статистики, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

КУЧМАЕВА Оксана Викторовна, д.э.н., профессор, профессор кафедры народонаселения экономического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

КЮРКЧАН Александр Гаврилович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой теории вероятностей и прикладной математики, Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

ЛАЙКАМ Константин Эмильевич, д.э.н., заместитель руководителя Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, Москва, Россия

ЛУЛА Павел, доктор наук, доцент, заведующий кафедрой вычислительных систем, Краковский экономический университет, Краков, Польша

МОТОРИН Руслан Миколайович, д.э.н., профессор кафедры статистики и эконометрии, Киевский национальный торгово-экономический университет, Киев, Украина

МКХИТАРЯН Владимир Сергеевич, д.э.н., профессор, заведующий отделением статистики, анализа данных и демографии, заведующий кафедрой статистических методов, Высшая школа экономики – национальный исследовательский университет, Москва, Россия

САДОВНИКОВА Наталья Алексеевна, д.э.н., профессор, заведующая кафедрой статистики, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

САЖИН Юрий Владимирович, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой статистики, эконометрики и информационных технологий в управлении, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева, Саранск, Россия

УПАДХАЯ Шьям, руководитель статистического отдела ЮНИДО, Организация Объединенных Наций по промышленному развитию, Вена, Австрия

ШУВАЛОВА Елена Борисовна, д.э.н., профессор, начальник управления аттестации научных кадров, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Editorial Board

Irina V. ASTASHOVA, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Professor of the Differential Equations Department, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Marina Yu. ARKHIPOVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Faculty of Economic Sciences, Department of Statistics and Data Analysis, Higher School of Economics – National Research University, Moscow, Russia

Lyudmila P. BAKUMENKO, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of Applied Statistics and Informatics Department, Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

Violetta N. VOLKOVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Professor of System Analysis and Management Department, Saint Petersburg State Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

Eduard A. GEVORKYAN, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor of the Department of Higher Mathematics, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Svetlana P. GLINKINA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the General Economic Theory Department, Moscow School of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Irina I. ELISEEVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Head of Statistics and Econometrics Department, Saint-Petersburg State University of Economics, Saint-Petersburg, Russia

Elena V. ZAROVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Department of Processing and Analysis of Statistical Information, Department of Economic Policy and Development of Moscow, Chair of ISI Central Eurasia Outreach Committee, Moscow, Russia

Mikhail V. KARMANOV, Dr. Sci. (Economics), Professor, Professor of the Department of Industrial and Business Statistics, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Oksana V. KUCHMAEVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Professor of the Department of population, faculty of Economics, Moscow state University. M. V. Lomonosova, Moscow, Russia

Alexander G. KYURKCHAN, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of the Theory of Probability and Applied Mathematics Department, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Konstantin E. LAYKAM, Dr. Sci. (Economics), Deputy Head, Federal State Statistics Service of the Russian Federation, Moscow, Russia

Pawel LULA, Dr. hab., Associate Professor, Head of the Department of Computational Systems, Cracow University of Economics, Cracow, Poland

Ruslan M. MOTORIN, Dr. Sci. (Economics), Professor of Statistics and Econometrics Department, Kiev National University of Trade and Economics, Kiev, Ukraine

Vladimir S. MKHITARYAN, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Department of Statistics, Data Analysis and Demography, Head of the Department of Statistical Methods, Higher School of Economics – National Research University, Moscow, Russia

Natalia A. SADOVNIKOVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of Statistics Department, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Yury V. SAZHIN, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Department of Statistics, Econometrics and Information Technologies in Management, Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Shyam UPADHYAYA, Chief, UNIDO Statistics Unit, United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria

Elena B. SHUVALOVA, Dr. Sci. (Economics), Professor, Head of the Department of Scientific Personnel Certification, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Анализ долгосрочных связей между денежной массой и индексом потребительских цен Азербайджанской Республики

Цель исследования. Денежно-кредитная политика является одним из наиболее эффективных инструментов государства, находящихся под контролем центрального банка. Она позволяет воздействовать на макроэкономические компоненты, как объём денежной массы, активность на кредитном рынке и курс национальной валюты. Такие действия приводят к увеличению денежной массы и скорости её оборота, обеспечивая доступность кредитов. Происходит стимулирование экономического роста, но возникают и неблагоприятные последствия – ускоряется рост инфляции. Центральный банк использует денежно-кредитную политику чаще, чтобы вызвать желаемый уровень изменений в реальной экономической деятельности. Эти изменения оказывают существенное влияние на фондовый рынок. Экономическая теория подтверждает взаимосвязь между денежной массой и индексом потребительских цен. Анализ влияния денежной массы на индекс потребительских цен необходим для выбора наиболее верного типа денежно-кредитной политики в экономике, для обеспечения макроэкономической стабильности или стимулирования экономического роста.

Денежная масса не только обозначает и показывает уровень денежных средств в разных видах и формах, но и является важным показателем, от которого зависят повышение цен, инфляция, кредитная политика и т.д. Динамика денежной массы определяет динамику цен. Накопление излишней денежной массы в экономике страны ведет к обесцениванию национальной валюты. Цель исследования состоит в проведении анализа долгосрочных связей между денежной массой и индексом потребительских цен Азербайджанской Республики.

Материалы и методы. В статье для анализа долгосрочной связи между денежными агрегатами $M1$, $M2$ и индексом потребительских цен Азербайджанской Республики на основе квартальных данных за 2005–2018 гг. была построена модель долгосрочного равновесного состояния и краткосрочная модель коррекции ошибок. При помощи коинтеграционного анализа и векторной модели исследуются долгосрочные и краткосрочные аспекты связи между ростом денежного предложения и повышением уровня цен. Для регрессионного анализа этих моделей использован пакет прикладных программ *EViews 8*.

Результаты. Использование различных методов показал, что динамика денежных агрегатов $M1$ и $M2$ обуславливает рост индекса потребительских цен Азербайджана как в долгосрочном, так и в краткосрочном периодах.

Заключение. Проведенный анализ позволяет корректно подойти к проблеме моделирования уровня инфляции и получить статистически приемлемую и устойчивую модель, обладающую неплохими прогностическими характеристиками. Факт наличия связи в противоположном направлении нашел свое подтверждение. Использование различных, дополняющих друг друга, методов показала, что динамика денежных агрегатов $M1$ и $M2$ обуславливает рост индекса потребительских цен Азербайджана как в долгосрочном, так и в краткосрочном периодах.

Ключевые слова: денежные агрегаты, эконометрический анализ, временные ряды, модель коррекции ошибок, коинтеграция, тест Дики-Фуллера, тест Йохансена на коинтеграцию.

Lamiya A.Rustamova, Ulviyya Y.Karimova, Hacar A. Afandiyeva

Baku State University, Baku, Azerbaijan

Analysis of The Long-Term Links Between the Money Supply and The Consumer Price Index of The Republic of Azerbaijan

Purpose of the study. Monetary policy is one of the most effective tools of the state under the control of the central bank. It allows you to influence macroeconomic components, such as the amount of money supply, activity in the credit market and the exchange rate of the national currency. Such actions lead to an increase in the money supply and the speed of its turnover, ensuring the availability of loans. Economic growth is being stimulated, but there are also adverse consequences - inflation is accelerating. The central bank uses monetary policy more frequently to bring about the desired level of change in real economic activity. These changes significantly affect the stock market. Economic theory uses the relationship between the money supply and the consumer price index. An analysis of the impact of the money supply on the consumer price index is necessary to select the most reliable type of monetary policy in the economy, to ensure macroeconomic stability or to stimulate economic growth. The money supply not only denotes and shows the level of money in various types and forms, but is also an important indicator on

which price increases, inflation, credit policy, etc. depend. The dynamics of the money supply determines the dynamics of prices. The accumulation of excess money supply in the country's economy leads to the depreciation of the national currency. The purpose of the study is to analyze the long-term relationship between the money supply and the consumer price index of the Republic of Azerbaijan.

Materials and methods. In the article to analyze the long-term links between monetary aggregates $M1$, $M2$ and the consumer price index of the Republic of Azerbaijan based on quarterly data for 2005–2018, a long-term equilibrium state model and a short-term error correction model were designed. With the help of cointegration analysis and a vector model, the long-term and short-term aspects of the links between the growth of the money supply and the increase in the price level are investigated. For the regression analysis of these models, the *EViews 8* application package was used.

Results. Using the various methods showed that the dynamics of $M1$ and $M2$ monetary aggregates determine the growth of the consumer

price index in Azerbaijan both in the long-term and in the short-term periods.

Conclusion. The analysis allows us correctly approaching the problem of modelling the inflation level and to obtain a statistically acceptable and stable model with good predictive characteristics. The fact that there is a connection in the opposite direction has been confirmed. The use of various complementary methods showed

that the dynamics of monetary aggregates M1 and M2 determines the growth of the consumer price index in Azerbaijan both in the long and short term.

Keywords: monetary aggregates, regression analysis, time series, error correction model, cointegration, the Dickey-Fuller test, Johansen cointegration test.

Введение

Эконометрические модели широко применяются на уровне микро- и макроэкономики. С помощью этих моделей теоретические вопросы экономики проверяются и анализируются на основе эмпирических данных разного объема. В эконометрическом анализе большое значение имеет концепция экзогенности моделируемых переменных. Концепция экзогенности тесно связана с концепциями коинтеграции и моделью коррекции ошибок. Коинтегрированность является важным свойством многих экономических переменных, которое означает, что несмотря на стохастический характер изменения отдельных экономических переменных, существует долгосрочная зависимость между ними, которая приводит к некоторому совместному, взаимосвязанному изменению, когда краткосрочные изменения корректируются в зависимости от степени отклонения от долгосрочной зависимости. В случае наличия коинтегрированности, существует соответствующая модель коррекции ошибок, которая одновременно отражает краткосрочные и долгосрочные аспекты динамики исследуемых переменных. Однако существуют разные взгляды на причинно-следственной связи. Это исследование направлено на выявление взаимосвязи между денежной массой и индексом потребительских цен Азербайджанской Республики. Важность исследования состоит в том, чтобы выяснить, является ли денежная масса экзогенной или эндогенной.

Анализ последних публикаций

Количество научных работ с применением эконометрических методов постоянно возрастает. В последние годы много научных работ было посвящено оценке и тестированию долгосрочных отношений под названием коинтеграции. В исследовании «Коинтеграция между доходом, ценами активов, потреблением и инвестициями» [1] анализируются основные механизмы передачи колебаний цен акций и недвижимости на личное потребление и корпоративные инвестиции. Предлагаются функция потребления или инвестиционная функция, которые считаются типом долгосрочного равновесия или коинтеграционных отношений в пределах моделей коррекции ошибок. В статье [3] интеграционные процессы между Азербайджаном и Украиной рассматриваются через показатели интегрированности ВВП этих стран и торгового оборота между ними. Проведен анализ эмпирических тестов на предмет их отклонения от тренда. В статье [5] по годовым данным с 1994 г. по 2018 г. торгово-экономические процессы между Азербайджаном, Россией, Беларусью и Казахстаном рассматриваются через показатели интегрированности ВВП Азербайджана, оборота внешней торговли с этими странами. Найдено коинтеграционное соотношение между изучаемыми макроэкономическими показателями, корректно применён вектор модели коррекции ошибок для описания равновесного соотношения между рассмотренными данными межстранового

взаимодействия и выработки обоснованные экономически содержательных рекомендаций в сфере межстранового торгово-экономического взаимодействия.

В течение длительного промежутка времени оценка функции спроса на деньги была одной из самых важных тем в макроэкономике, в частности с точки зрения обсуждения вопроса об оптимальном устройстве денежной политики. В работе «Спрос на деньги и инфляция в Беларуси» [7] исследован спрос на номинальные и реальные денежные остатки (M2) в Беларуси на основе квартальных данных за 1992–1999 гг. В исследовании [12] рассматривается нестационарный векторный авторегрессионный процесс, который интегрируется первого порядка. Получено оценка максимального правдоподобия пространства векторов коинтеграции. Найдены асимптотические распределения этих тестовых статистик. В статье [14] исследован эконометрические модели с обратной связью в спектральном анализе. Причинность и обратная связь здесь определены явным образом. В работе «Эконометрическая оценка денежного предложения и инфляции в Республике Беларусь» [15] представлены результаты эконометрического моделирования монетарного фактора инфляции. Построена модель с распределенными лагами зависимости индекса потребительской инфляции от индекса широкой денежной массы. Оценены модели инфляции и широкой денежной массы для долгосрочного и краткосрочного эффектов.

В исследовании [16] исследуется взаимосвязь между моделями коинтеграции и коррекции ошибок, предлагаются новые методы оценивания и тестирования, рассматриваются эмпирические примеры.

Много научных работ было посвящено анализу взаимосвязи денежной массы и цены разных стран. В научной публикации [8] использование коинтеграционного анализа позволило исследовать долгосрочные и краткосрочные связи между денежными агрегатами m_0 , m_1 , m_2 и m_3 и индексом потребительских цен Азербайджанской Республики за достаточно длительный отрезок времени (2005–2018 гг.). Полученные результаты позволили оценить информационное содержание различных денежных агрегатов (m_0 , m_1 , m_2 и m_3), а также их прогностические возможности. Как показал анализ, уровень потребительских цен и все исследуемые денежные агрегаты коинтегрированы. Это означает, что между ними существуют долгосрочные связи. В исследовании [20] Сосунов К.А. оценил спрос на узкие деньги в России для периода, охватывающего 2003–2012 гг. Доказано, что включение валютных кассовых остатков в денежный агрегат позволило получить простое стабильное долгосрочное коинтегрирующее соотношение реальных денежных остатков, ВВП и альтернативных издержек держания денег. Эти издержки измерялись разностью между процентной ставкой по срочным депозитам и процентной ставкой по депозитам до востребования. Автор также оценил модель коррекции краткосрочной ошибки. В работе «Cointegration Analysis of Money Supply and Saudi Stock Price Index» [17] исследуется взаимосвязь между денежной массой M_1 , M_2 и индекса цен на акции Саудовской Аравии (SSPI). Наиболее важным открытием является подтвержде-

ние долгосрочной связи между M_1 и SSPI. Более того, результат согласуется с эффективными фондовыми рынками.

В работах [18], [19] рассматривается методология получения прогнозов инфляции. Описаны свойства статистических данных, рассмотрена сущность используемых подходов прогнозирования инфляции.

Основные результаты исследования

В статье для анализа долгосрочной связи между денежными агрегатами M_1 , M_2 и индексом потребительских цен Азербайджанской Республики на основе квартальных данных за 2005–2018 гг. [11] была построена модель долгосрочного равновесного состояния и краткосрочная модель коррекции ошибок. При помощи коинтеграционного анализа и векторной модели исследуются долгосрочные и краткосрочные аспекты связи между ростом денежного предложения и повышением уровня цен. Для регрессионного анализа этих моделей использован пакет прикладных программ EViews 8. В данном исследовании использовались показатели:

- индекс потребительских цен (CPI);
- денежный агрегат M_1 (МО + депозиты до востребования);
- денежный агрегат M_2 (M_1 + срочные депозиты и средства в ценных бумагах (кроме акций)).

M_1 – это денежная масса, которая включает в себя физическую валюту и монеты, депозиты до востребования, дорожные чеки, другие проверяемые депозиты и оборотные счета для снятия.

M_2 – является более широкой денежной классификацией, чем M_1 , потому что она включает активы, которые являются высоколиквидными, но не являются денежными

средствами. M_2 как измерение денежной массы является критическим фактором в прогнозировании таких вопросов, как инфляция. Инфляция и процентные ставки имеют серьезные последствия для экономики в целом, поскольку они сильно влияют на занятость, потребительские расходы, инвестиции в бизнес, укрепление валюты и торговый баланс.

В данной статье изучаются взаимосвязи факторов, исходя из логарифмических значений всех переменных [2, 9]. Такая трансформация позволяет более наглядно представить связь между рассматриваемыми показателями. Зависимость логарифма индекса потребительских цен (CPI) от логарифма денежных агрегатов (M_1 , M_2) описывается следующей линейной регрессионной моделью:

$$\begin{aligned} \text{LNCPI} = & C(0) + C(1) \times \\ & \times \text{LNM1} + C(2) \times \\ & \times \text{LNM2} + \text{LNRESID} \end{aligned} \quad (1)$$

где LNCPI, LNM1, LNM2 – соответствующие факторы, $C(0)$, $C(1)$, $C(2)$ – неизвестные параметры модели; LNRESID – случайный член, который включает в себя суммарное влияние всех неучтенных в модели факторов, ошибок измерений. Модель множественной регрессии, которая оценена по методу наименьших квадратов и затем построенная с использованием пакета EViews8, имеет следующий формальный вид:

$$\begin{aligned} \text{LNCPI} = & -0.0474924517635 \times \\ & \times \text{LNM1} - 8.69513038154 \times \\ & \times \text{LNM2} + 76.3421105939 \times \\ & \times \text{LNRESID} - 85.322228749 \end{aligned} \quad (2)$$

Исследуем степень корреляционной зависимости между переменными. Для этого построим корреляционную матрицу. Корреляционная матрица приведена в табл. 1. Полученные результаты, показывают тесную связь лишь между переменными LNM1 и LNM2, где $r = 0,99$. Во всех остальных

Таблица 1 (Table 1)

Корреляционная матрица
Correlation matrix

	LNCPI	LNMI	LNМ2
LNCPI	1.000000	-0.488349	-0.494836
LNMI	-0.488349	1.000000	0.996108
LNМ2	-0.494836	0.996108	1.000000

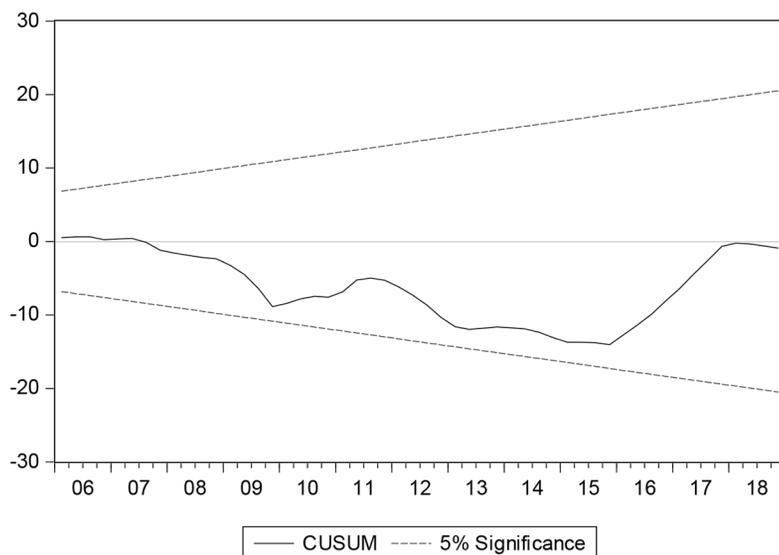


Рис. 1. Рекурсивные оценки остатков
Fig. 1. Recursive estimates of residuals

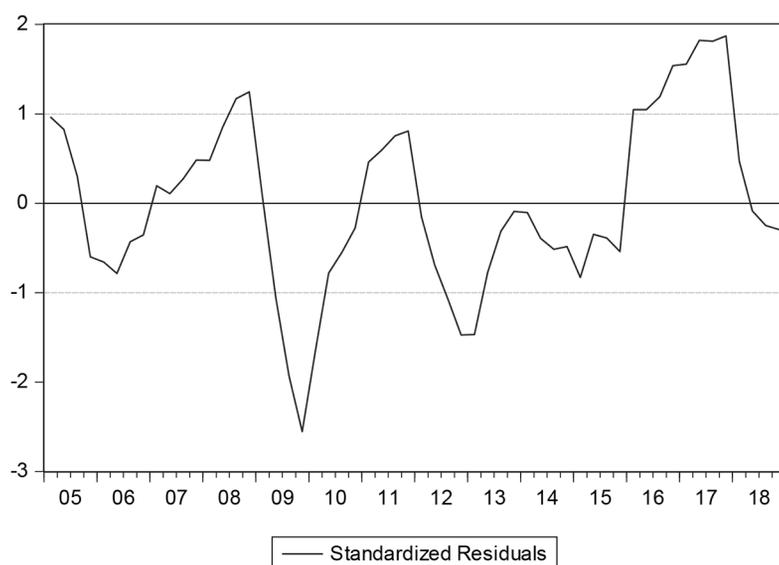


Рис. 2. Стандартизированные оценки остатков
Fig. 2. Standardized residual estimates

случаях коэффициенты описывают слабую и среднюю тесноту связи.

Рассмотрим другие особенности модели на основе тестов CUSUM.

Данный тест использует так называемые рекурсивные

остатки, которые получаются при использовании рекурсивного метода наименьших квадратов. Уже изучение самих рекурсивных остатков позволяет делать выводы о стабильности параметров модели, так как математическое ожидание

их при стабильности модели равно нулю, а стандартное отклонение – стандартной ошибке модели. Результатами тестов являются диаграммы динамики этих величин и 95%-е доверительные интервалы для них. Если график статистики выходит за пределы линий, то параметры модели, вероятно, являются нестабильными – необходимо либо изменить модель, либо разделить выборку на однородные подвыборки. Результаты тестирования для модели (2) описаны рис. 1 и 2.

В рис. 1 расположение синей линии между красными линиями означает, что гипотеза H_0 -об устойчивости параметров принимается. Из рис. 2 видно, что рекурсивные оценки остатков (CUSUM) и квадраты рекурсивных оценок остатков (CUSUM of Squares) не выходят за пределы 95% доверительных интервалов. Это подтверждает устойчивость модели (2) и ее устойчивые прогностические свойства.

Нормальное распределение случайного члена является дополнительным требованием корректности применения МНК для оценки параметров регрессии. По критерию Жака-Бера остатки полученного уравнения распределены нормально (рис. 3). Критерий Жака-Бера (Jarque-Bera) используется для проверки гипотезы о том, что исследуемая выборка является выборкой нормально распределенной случайной величины с нулевым математическим ожиданием и дисперсией. Этот критерий используется в пакете статистического анализа данных EViews8 для проверки гипотезы нормальности ошибок в модели.

Установим наличие (отсутствии) гетероскедастичности случайных отклонений модели используя тест Уайта. Проблема гетероскедастичности вызвана нарушением второго условия Гаусса-Маркова – независи-

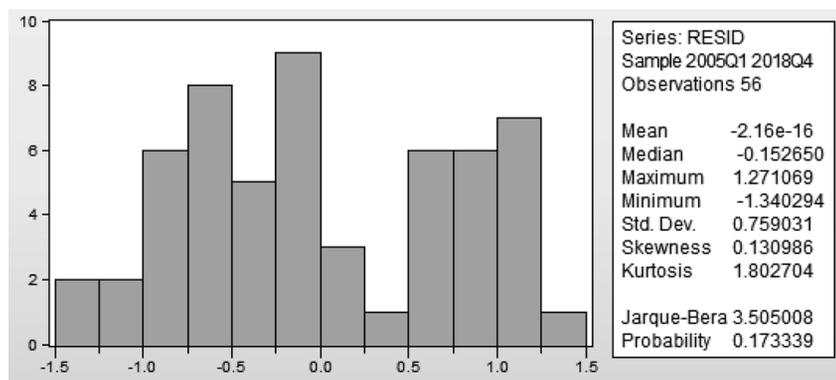


Рис. 3. Гистограмма остатков
Fig. 3. Histogram of residuals

Таблица 2 (Table 2)

Результаты теста Уайта на наличие гетероскедастичности
White's test results for the presence of heteroscedasticity

F-статистика	0.575004	Вероятность F(5,50)	0.7188
Наб*Коэффициент детерминации	3.044938	Вероятность Хи-Квадрат	0.6931

Таблица 3 (Table 3)

Результаты теста Дикки-Фуллера
Results of the Dickey-Fuller test

Переменные	Статистика критерия	Критическое значение 1%	Критическое значение 5%	Критическое значение 10%	Уровень вероятности
Разности второго порядка intercept					
LNCPI	-9.592140	-3.560019	-2.917650	-2.596689	0.0000
LNMI	-7.981128	-3.562669	-2.918778	-2.597285	0.0000
LNM2	-7.339884	-3.560019	-2.917650	-2.596689	0.0000
LNRISED	-7/129596	-3.560019	-2.917650	-2.596689	0.0000
Разности второго порядка trend and intercept					
LNCPI	-9.500953	-4.140858	-3.496960	-3.177579	0.0000
LNMI	-7.894637	-4.144584	-3.498692	-3.178578	0.0000
LNM2	-7.276520	-4.140858	-3.496960	-3.177579	0.0000
LNRISED	-7.070372	-4.140858	-3.496960	-3.177579	0.0000

мости дисперсии случайного фактора от номера (момента) наблюдений. Последствия гетероскедастичности зависят от ее природы и может проявляться в том, что оценка дисперсии случайного фактора смещена; смещены оценки стандартных ошибок коэффициентов регрессии. Оценки коэффициентов регрессии остаются несмещенными (т.к. не нарушается первое условие Гаусса Маркова). Гетероскедастичность проверялась тестом Уайта и с вероятностью 95% не отвергается гипотеза

о гомоскедастичности остатков. Результаты, предлагаемые в табл. 2. показывают, что гипотеза о гомоскедастичности остатков не отвергается. Величина $-nR^2 = Obs \times R - squared$ коэффициент детерминации для вспомогательной регрессии квадратов остатков на все регрессоры, их квадраты, попарные произведения и константу, равен 3,044938, и эта величина почти совпадает со значением $\chi^2_{0,69} = 3,044663$.

Соответствующее *P*-значение превышает 0,05, т.е. нулевую гипотезу о гомоскедастич-

ности случайного члена можно не отвергать.

Определение порядка интегрированности изучаемых переменных – один из важнейших этапов данного исследования. От порядка интегрированности переменных зависит весь ход дальнейшего анализа, поскольку исследование долгосрочных связей в рамках коинтеграционного анализа предполагает, что изучаемые переменные имеют одинаковый порядок интегрированности. Для тестирования временного ряда на наличие единичных корней используется расширенный критерий Дикки-Фуллера (Augmented Dickey-Fuller Test – ADF) [4, 10, 21]. Полученные результаты дают некоторые основания полагать, что первые разности индекса потребительских цен (CPI) и денежных агрегатов M1 и M2 являются нестационарными, а разностные операторы второго порядка стационарны (с константой без тренда, с константой и линейным трендом). Результаты тестирования показаны в табл. 3.

Для значений лагов $m = 1, 2, 3, 4$ причинно-следственная связь между факторами проверялась с помощью теста Грейнджера. Тест подтвердил наличие двусторонней причинно-следственной связи, что, в свою очередь, указывает на существование третьей переменной, являющейся реальной причиной изменения двух рассматриваемых переменных.

Для анализа долгосрочных связей между индексом потребительских цен и отдельными денежными агрегатами был использован метод Йохансена. Тест Йохансена на коинтеграцию позволяет выявить наличие стационарных линейных комбинаций временных рядов, являющихся интегрированными первого порядка и является одним из методов оценки систем, использующий метод максимального правдоподобия применительно к вектор-

Таблица 4 (Table 4)

ным авторегрессионным моделям. Отметим, что основными предположениями данного теста являются допущения, что переменные, входящие в векторную авторегрессионную модель, являются интегрированными процессами первого порядка и ошибки независимо и нормально распределены.

Тесты Энгела-Грейнджера [6] и Йохансена [13] показали, что все переменные коинтегрированы, что подтверждает их долговременную связь и надежность корреляции. После рассмотрения информационных критериев Акаике и Шварца наилучшим оказался лаг, равный 2. Нами было получено одно коинтеграционное соотношение со степенью интеграции 2 и рангом коинтеграции равным 1. Результаты тестирования представлены соответственно в таблицах 4, 4.1, 4.2:

Выводы относительно существования коинтеграционного вектора делаются на основе оцениваемых значений статистик Trace и Eigenvalue, проверяющих нулевую гипотезу о наличии r коинтеграционных соотношений против альтернативной гипотезы о наличии $r + 1$ коинтеграционных соотношений. Соответственно, производится оценка спецификаций потенциального коинтеграционного вектора, и в случае неотрицания гипотезы о наличии одного коинтеграционного соотношения на уровне значимости в 5% делается предположение о существовании коинтеграционного вектора соответствующего вида. Чтобы определить количество векторов коинтеграции во временных рядах в таблицах 4.1 и 4.2, мы сначала проверили нулевую гипотезу об отсутствии векторов коинтеграции, т.е. $r = 0$ вопреки альтернативной гипотезе об отсутствии такого вектора. Мы отклонили нулевую гипотезу, потому что вычисленные значения были больше критических значений, и сделали вывод о наличии

Результаты теста Энгела-Грейнджера
Engle-Granger test results

Тренд данных	В данных нет детермированных трендов	В данных нет детермированных трендов	В данных есть детермированный линейный тренд	В данных есть детермированный линейный тренд	В данных есть детермированный Квадратичный тренд
Тест типа	Нет константна	Константн	Константн	Константн	Константн
	Нет тренда	Нет тренда	Нет тренда	Тренд	Тренд
Trace	1	1	3	1	1
Max-Eig	1	1	1	1	1
Информационные критерии по рангу и модели					
Тест типа	Нет константна	Константн	Константн	Константн	Константн
	Нет тренда	Нет тренда	Нет тренда	Тренд	Тренд
Значение функции максимального правдоподобия по рангу (строки) и модели (столбцы)					
0	31.28777	31.28777	34.40766	34.40766	37.88076
1	46.23032	46.64115	48.01393	49.03480	50.85275
2	51.50987	52.47543	52.85350	53.87456	55.67393
3	51.86240	56.52207	56.52207	57.73743	57.73743
Критерий Акаике по рангу (строки) и модели (столбцы)					
0	-0.841048	-0.841048	-0.845572	-0.845572	-0.863425
1	-1.178503*	-1.156270	-1.132601	-1.133389	-1.126518
2	-1.151316	-1.112280	-1.088811	-1.051870	-1.082035
3	-0.938204	-1.000833	-1.000833	-0.933488	-0.933488
Критерий Шварца по рангу (строки) и модели (столбцы)					
0	-0.506470	-0.506470	-0.399468	-0.399468	-0.305795
1	-0.620873*	-0.561465	-0.463445	-0.427058	-0.345837
2	-0.370634	-0.257248	-0.196603	-0.085312	-0.078302
3	0.065530	0.114427	0.114427	0.293298	0.293298

Таблица 4.1 (Table 4.1)

Результаты теста Max- Eigenvalue
Max-Eigenvalue test results

Гипотезы	Альтернативные Гипотезы	Статистика Max-Eigenvalue	Критическое значение 5%	Уровень вероятности
$H_0 : r = 0$	$H_A : r > 0$	30.70675	35.19275	0.0027
$H_0 : r = 1$	$H_A : r > 1$	11.66857	20.16121	0.2061
$H_0 : r = 2$	$H_A : r > 2$	8.093273	12.76076	0.0796

Таблица 4.2 (Table 4.2)

Результаты Trace-теста
Trace test results

Гипотезы	Альтернативные Гипотезы	Trace-Статистика	Критическое значение 5%	Уровень вероятности
$H_0 : r = 0$	$H_A : r > 0$	50.46859	41.19504	0.0006
$H_0 : r = 1$	$H_A : r > 1$	19.76184	25.07911	0.0585
$H_0 : r = 2$	$H_A : r > 2$	8.093273	12.76076	0.0796

вектора коинтеграции. Затем мы проверили гипотезу о наличии одного вектора против альтернативной гипотезы о наличии двух коинтегрирующих векторов. Здесь расчетные значения были больше критиче-

ских значений, и поэтому мы отклонили нулевую гипотезу. Таким образом, мы сделали вывод о существовании трех векторов коинтеграции.

После установления коинтеграционной связи меж-

ду переменными возникает необходимость в построении ошибки механизм коррекции для моделирования динамических отношений [22]. Цель модели коррекции ошибок состоит в том, чтобы указать скорость перехода от краткосрочного к долгосрочному равновесию. Модель векторной коррекции ошибок (VECM) ограниченная модель VAR, используемая с коинтегрированными нестационарными рядами. Когда условия равновесия VECM описывает, как модель приспосабливается в каждый период времени к своему долгосрочному равновесию. Поскольку предполагается, что переменные коинтегрированы, любое отклонение от долгосрочного равновесия будет обратная связь в краткосрочной перспективе по изменениям зависимых переменных, чтобы двигаться в долгосрочной перспективе равновесие. Проведенный анализ явно свидетельствует о наличии долгосрочной связи между денежными агрегатами M1, M2 и индексом потребительских цен Азербайджана. Используя альтернативные тесты, мы пришли к выводу, что между M1, M2 и индексом потребительских цен как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде существует каузальная связь. При этом динамика денежной массы определяет динамику цен. С помощью процедур пакета EViews 8 найдено следующее уравнение коррекции ошибок для разностей второго порядка логарифмических значений индекса потребительских цен Азербайджана:

VAR Model - Substituted Coefficients:

$$\begin{aligned} \Delta(\text{LNCPI},2) = & -0.382046833449 \times \\ & \times (\Delta(\text{LNCPI}(-1))) + \\ & + 19.6890778633 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-1)) - \\ & - 4.57682420319 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-1)) - \\ & - 106.864220142 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-1)) - \\ & - 0.10175379347) - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - 0.189563771945 \times \\ & \times \Delta(\text{LNCPI}(-1),2) - \\ & - 0.0698303069305 \times \\ & \times \Delta(\text{LNCPI}(-2),2) + \\ & + 6.74936922613 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-1),2) + \\ & + 3.24161342315 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-2),2) + \\ & + 2.73710028664 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-1),2) + \\ & + 15.8216301137 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-2),2) - \\ & - 65.9200484221 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-1),2) - \\ & - 154.888617957 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-2),2) + \\ & + 0.00309305401699 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta(\text{LNM1},2) = & -0.021501499108 \times \\ & \times (\Delta(\text{LNCPI}(-1))) + \\ & + 19.6890778633 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-1)) - \\ & - 4.57682420319 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-1)) - \\ & - 106.864220142 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-1)) - \\ & - 0.10175379347) + \\ & + 0.0792817107447 \times \\ & \times \Delta(\text{LNCPI}(-1),2) + \\ & + 0.001145475193 \times \\ & \times \Delta(\text{LNCPI}(-2),2) + \\ & + 0.0551219364211 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-1),2) - \\ & - 0.153461298733 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-2),2) - \\ & - 0.744911929452 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-1),2) + \\ & + 2.00334611152 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-2),2) + \\ & + 6.93060495333 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-1),2) - \\ & - 19.2570409244 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-2),2) + \\ & + 0.00123943719852 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta(\text{LNM2},2) = & 0.0258330734038 \times \\ & \times (\Delta(\text{LNCPI}(-1))) + \\ & + 19.6890778633 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-1)) - \\ & - 4.57682420319 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-1)) - \\ & - 106.864220142 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-1)) - \\ & - 0.10175379347) + \\ & + 0.0309203328951 \times \\ & \times \Delta(\text{LNCPI}(-1),2) - \\ & - 0.0495467075918 \times \\ & \times \Delta(\text{LNCPI}(-2),2) + \\ & + 0.0551953489026 \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times \Delta(\text{LNM1}(-1),2) + \\ & + 0.144101478168 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-2),2) - \\ & - 1.07718735103 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-1),2) + \\ & + 1.64460389116 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-2),2) + \\ & + 10.2151180298 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-1),2) - \\ & - 19.0329756006 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-2),2) + \\ & + 0.000722259068801 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta(\text{LNRESID},2) = & 0.00213301104689 \times \\ & \times (\Delta(\text{LNCPI}(-1))) + \\ & + 19.6890778633 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-1)) - \\ & - 4.57682420319 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-1)) - \\ & - 106.864220142 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-1)) - \\ & - 0.10175379347) + \\ & + 0.00384528308815 \times \\ & \times \Delta(\text{LNCPI}(-1),2) - \\ & - 0.00504480182928 \times \\ & \times \Delta(\text{LNCPI}(-2),2) + \\ & + 0.008909127564 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-1),2) + \\ & + 0.0164027168227 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM1}(-2),2) - \\ & - 0.108021471181 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-1),2) + \\ & + 0.216216334955 \times \\ & \times \Delta(\text{LNM2}(-2),2) + \\ & + 1.01984317819 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-1),2) - \\ & - 2.44395550307 \times \\ & \times \Delta(\text{LNRESID}(-2),2) + \\ & + 4.48771745543e-05 \end{aligned}$$

Векторная авторегрессионная модель коррекции ошибок всегда может быть репараметризована в базисную VAR, содержащую только уровни изучаемых переменных.

Заключение

Осуществленное исследование подтвердило, что современные эконометрические методы могут быть конструктивны при анализе процессов, возникающих в экономике Азербайджана. Обосновано, что динамика денежных агрегатов M1 и M2 ограничивает рост индекса потребительских цен Азербайджана.

на как в долгосрочном, так и в краткосрочном периодах Произведенный анализ предоставил корректно подойти к проблеме моделирования уровня инфляции и принять весьма простую,

но статистически оптимальную и доказанную модель, отличающуюся неплохими прогностическими характеристиками. Настоящий исследование может быть расширен за счёт анализа

других денежных агрегатов-М0, М3, а также суррогатных денежных агрегатов, рассматривающих нужную кредиторскую и дебиторскую задолженность предприятий.

Литература

1. Настанский А., Штрое Х.Г. Коинтеграция между доходом, ценами активов, потреблением и инвестициями // Вестник НГУЭУ. 2011. № 1. С. 119–128.

2. Verbeek M. A Guide to Modern Econometrics // John Wiley & Sons. 2012. 386 с.

3. Orudzhev E., Alizade A. Cointegration analysis of the impact of Azerbaijan and Ukraine GDPs on the trade turnover between these countries // Journal of International Studies. 2021. № 14(3). С. 274–290. DOI:10.14254/2071-8330.2021/14-3/1.

4. Dickey D.A., Fuller W.A. Distribution of Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root // Journal of the American Statistical Association. 1979. № 74. С. 427–431.

5. Оруджев Э.Г., Гусейнова С.М. Об одной задаче коинтеграции торговых связей Азербайджана, России, Беларуси и Казахстана // Статистика и экономика. 2020. № 2. С. 29–39.

6. Engle R.F. Yoo B.S. Cointegrated Economic Time Series: An Overview with New Results in R.F. Engle and C.W.J. Granger, eds., Long-Run Economic Relationships. Oxford: Oxford University Press, 1991. С. 237–266.

7. Игорь Пелипась Спрос на деньги и инфляция в Беларуси // Экономический вестник (ЭКОВЕСТ). 2001. № 1.

8. Рустамова Л., Керимова У., Эфендиева Х. Исследование Коинтеграционной Связи Между Различными Денежными Агрегатами и Индексом Потребительских Цен // InterConf. 2021. № 93. С. 25–31. DOI: 10.51582/interconf.21-22.12.2021.004.

9. Носко В.П. Эконометрика. Введение в регрессионный анализ временных рядов. М.: МФТИ, 2002. 254 с.

10. Конторович Г.Г. Анализ временных рядов // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2003. № 1. С. 79–103.

11. Государственный комитет по статистике Азербайджанской республики [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.stat.gov.az/>.

12. Johansen S. Statistical Analysis of Cointegration Vector // Journal of Economic Dynamics and Control. 1988. № 12. С. 231–254.

13. Johansen S., Juselius K. Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money // Oxford Bulletin of Economics and Statistics. 1990. № 52. С. 169–210.

14. Granger C.W. Investigation Causal Relations Econometrics Models and Cross-Spectral Methods // Econometrica. 1969. № 37. С. 424–439.

15. Башлакова О.С., Марченко Л.Н. Эконометрическая оценка денежного предложения и инфляции в Республике Беларусь // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Серия: Естественные науки. 2016. № 6(99). С. 65–68.

16. Энгл Роберт Ф., Грэнджер К.У.Дж. Коинтеграция и коррекция ошибок: представление, оценивание и тестирование // Прикладная эконометрика. 2015. № 3(39).

17. Saud Almutair A Cointegration Analysis of Money Supply and Saudi Stock Price Index // International Journal of Economics and Finance. 2015. № 5(7). С. 153–165.

18. Зарецкий А. Краткосрочное прогнозирование инфляции в Беларуси. Рабочий материал исследовательского центра ИПМ. 2013. 23 с.

19. Пелипась И., Кирхнер Р. Деньги как опережающий индикатор инфляции в Беларуси и их роль в монетарной политике // Аналитические записки [РР/05/2015]. Центр ИПМ, 2015. 28 с.

20. Сосунов К.А. Оценка функции спроса на деньги в России [Электрон. ресурс] // Журнал Новой экономической ассоциации. 2013. № 2. С. 89–99. Режим доступа: <https://www.econorus.org/repec/journal/2013-18-89-99r.pdf>.

21. Mahadeva L., Robinson P. Unit Root Testing to Help Model Building. Handbooks in Central Banking [Электрон. ресурс]. Centre for Central Banking Studies, Bank of England, London. 2004. № 22. 48 с. Режим доступа: <https://docplayer.net/294854-Unit-root-testing-to-helpmodel-building-lavan-mahadeva-paul-robinson.html>.

22. Банников В.А. Векторные модели авто-регрессии и коррекции регрессионных остатков (Eviews) // Прикладная эконометрика. 2006. № 3. С. 96–129.

References

1. Nactanskiy A., Shtroye X.G. Co-integration between income, asset prices, consumption and investment. *Vestnik NGUEU = Bulletin of NSUEM*. 2011; 1: 119-128. (In Russ.)
2. Verbeek M. *A Guide to Modern Econometrics*. John Wiley & Sons. 2012. 386 p.
3. Orudzhev E., Alizade A. Cointegration analysis of the impact of Azerbaijan and Ukraine GDPs on the trade turnover between these countries. *Journal of International Studies*. 2021; 14(3): 274-290. DOI:10.14254/2071-8330.2021/14-3/1.
4. Dickey D.A., Fuller W.A. Distribution of Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*. 1979; 74: 427-431.
5. Orudzhev E.G., Guseynova S.M. On one problem of cointegration of trade relations between Azerbaijan, Russia, Belarus and Kazakhstan. *Statistika i ekonomika = Statistics and Economics*. 2020; 2: 29-39. (In Russ.)
6. Engle R.F. Yoo B.S. Cointegrated Economic Time Series: An Overview with New Results in R.F. Engle and C.W.J. Granger, eds., *Long-Run Economic Relationships*. Oxford: Oxford University Press; 1991: 237-266.
7. Igor Pelipas Demand for money and inflation in Belarus. *Ekonomicheskiy vestnik (EKOVEST) = Economic Bulletin (ECOVEST)*. 2001: 1. (In Russ.)
8. Rustamova L., Kerimova U., Efendiyeva KH. Study of the Cointegration Relationship Between Different Monetary Aggregates and the Consumer Price Index. *InterConf*. 2021; 93: 25-31. DOI: 10.51582/interconf.21-22.12.2021.004.
9. Nosko V.P. *Ekonometrika. Vvedeniye v regressionnyy analiz vremennykh ryadov = Econometrics. Introduction to regression analysis of time series*. Moscow: MIPT; 2002. 254 p. (In Russ.)
10. Kontorovich G.G. Time series analysis. *Ekonomicheskiy zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki = Economic Journal of the Higher School of Economics*. 2003; 1: 79-103. (In Russ.)
11. Gosudarstvennyy komitet po statistike Azerbaydzhanskoy respubliki = State Committee for Statistics of the Republic of Azerbaijan [Internet]. Available from: <https://www.stat.gov.az/>.
12. Johansen S. Statistical Analysis of Cointegration Vector. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 1988; 12: 231 - 254.
13. Johansen S., Juselius K. Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 1990; 52: 169-210.
14. Granger C.W. Investigation Causal Relations *Econometric Models and Cross-Spectral Methods*. *Econometrica*. 1969; 37: 424-439.
15. Bashlakova O.S., Marchenko L.N. Econometric assessment of money supply and inflation in the Republic of Belarus. *Izvestiya Gomelskogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny. Seriya: Yestestvennyye nauki = Izvestiya of Gomel State University named after F. Skorina. Series: Natural Sciences*. 2016; 6(99): 65-68. (In Russ.)
16. Engl Robert F., Gr-endzher K.U.Dzh. Cointegration and error correction: presentation, estimation and testing. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2015; 3(39). (In Russ.)
17. Saud Almutair A Cointegration Analysis of Money Supply and Saudi Stock Price Index. *International Journal of Economics and Finance*. 2015; 5(7): 153-165.
18. Zaretskiy A. Short-term inflation forecasting in Belarus. *Rabochiy material issledovatel'skogo tsentra IPM = Working material of the IPM Research Center*. 2013. 23 p.
19. Pelipas I., Kirkhner R. Money as a Leading Indicator of Inflation in Belarus and Their Role in Monetary Policy. *Analiticheskiye zapiski [PP/05/2015]. Tsentri IPM = Analytical Notes [PP/05/2015]. IPM Center; 2015. 28 p. (In Russ.)*
20. Sosunov K.A. Estimation of the demand function for money in Russia [Internet]. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii = Journal of the New Economic Association*. 2013; 2: 89 - 99. Available from: <https://www.econorus.org/repec/journal/2013-18-89-99r.pdf>. (In Russ.)
21. Mahadeva L., Robinson P. Unit Root Testing to Help Model Building. *Handbooks in Central Banking [Internet]. Centre for Central Banking Studies, Bank of England, London. 2004. 22. 48 p. Available from: <https://docplayer.net/294854-Unit-root-testing-to-helpmodel-building-lavan-mahadeva-paul-robinson.html>.*
22. Bannikov V.A. Vector models of autoregression and correction of regression residuals (Eviews). *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2006; 3: 96-129. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ламия Аладдин Рустамова

К.э.н., старший преподаватель кафедры
«Математическая экономика»
Бакинский Государственный Университет,
Баку, Азербайджан.
Эл. почта: lrustamova@bsu.edu.az

Ульвия Ясин Керимова

К.ф.-м.н., преподаватель кафедры
«Математическая экономика»
Бакинский Государственный Университет,
Баку, Азербайджан.
Эл. почта: ukerimova@bsu.edu.az

Хаджар Джавид Эфендиева

К.ф.-м.н., преподаватель кафедры
«Математическая экономика»
Бакинский Государственный Университет,
Баку, Азербайджан.
Эл. почта: rasy11@rambler.ru

Information about the authors

Lamiya A. Rustamova

Cand. Sci. (Economics), witha teacher of the
Department of Mathematical Economics
Baku State University,
Baku, Azerbaijan.
E-mail: lrustamova@bsu.edu.az

Ulviyya Y. Karimova,

Cand. Sci. (Mathematics), Reponder of the
Department of Mathematical Economics
Baku State University,
Baku, Azerbaijan.
E-mail: ukerimova@bsu.edu.az

Hacar A. Afandiyeva

Cand. Sci. (Mathematics), Reponder of the
Department of Mathematical Economics
Baku State University,
Baku, Azerbaijan.
El. mail: rasy11@rambler.ru

Оценка информативности федерального бюджета и бюджетного процесса в Российской Федерации

Настоящая статья посвящена результатам статистического исследования состава расходов федерального бюджета (объект исследования) с позиции оценки его информативности (предмет исследования). На взгляд ее авторов вопросы информативности бюджетных решений остаются вне должного внимания не только со стороны участников бюджетного процесса, но и в практике государственного управления в целом. Поэтому целью данного исследования является формирование научно обоснованных инструментов оценки информативности, определение ее количественных показателей, прояснение характера, скрытых особенностей и сбалансированности распределения расходов федерального бюджета.

Материалы и методы. Анализ параметров состава расходов федерального бюджета выполнен на базе статистических данных Федерального казначейства за 2014–2020 годы. Теоретические основания и методы исследования выработаны на основе предпочтений авторов относительно результатов концептуальных и прикладных разработок отечественных ученых в области синергетической теории информации, структурного анализа систем, модульной теории социума. Применялись количественные методы обработки исходных данных, табличные и графические способы визуализации результатов исследования. Для решения задач исследования использовались стандартные пакеты прикладных программ Microsoft Office.

Результаты. Сформированы показатели информативности состава многокомпонентных систем и алгоритмы их расче-

тов. Определены количественные критерии и представлена модель оптимизации состава расходов федерального бюджета. Сопоставление фактических и модельных показателей информативности предъявлено как способ корректировки приоритетов в составе расходов федерального бюджета, как способ разработки тактики и стратегии перехода от фактических параметров состава расходов к тому «наилучшему» распределению, которое описывается количественной моделью оптимального сочетания масштабов его компонентов. Установлены ретроспективные варианты оптимизации по итогам исполнения расходов в 2020 году и перспективные варианты оптимизации распределения расходов федерального бюджета в 2022–2024 годах.

Заключение. Оценка информативности и оптимизация масштабов компонентов состава бюджетных расходов признаны элементами управления распределением общественных ресурсов в бюджетном процессе, способами обеспечения контроля за эффективностью бюджетных решений и могут быть полезными для участников бюджетного процесса как на этапе формирования, так и на этапе исполнения бюджетных расходов.

Ключевые слова: информация, информативность, модульная теория социума, неоднородность системы, показатели информативности, приоритеты распределения бюджетных расходов, расходы бюджета, синергетическая теория информации, структурный потенциал системы, энтропия отражения.

Oleg V. Morozov^{1, 2, 3}, Mikhail A. Vasiliev^{1, 2}

¹ Higher School of Public Policy, Moscow, Russia

² Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

³ Federation Council of Federal Assembly of Russian Federation, Moscow, Russia

Information Content Assessment of the Federal Budget and the Budget Process in the Russian Federation

This article is devoted to the results of a statistical study of the composition of federal budget expenditures (the object of the study) from the standpoint of assessing its information content (the subject of the study). In the opinion of its authors, the issues of information content of budget decisions remain out of due attention not only from the participants of the budget process, but also in the practice of public administration in general. Therefore, the purpose of this study is to form scientifically based tools for assessing the information content, determining its quantitative indicators, clarifying the nature, hidden features and balance in the distribution of federal budget expenditures.

Materials and methods. The analysis of the composition parameters of federal budget expenditures was carried out on the basis of statistical data of the Federal Treasury for 2014–2020. The theoretical foundations and research methods are developed based on the authors' preferences regarding the results of conceptual and applied developments of domestic scientists in the field of synergetic

information theory, structural analysis of systems, and modular theory of society. Quantitative methods of processing the initial data, tabular and graphical methods of visualizing the results of the study were used. Standard Microsoft Office application software packages were used to solve the research tasks.

Results. Indexes of information content of the multicomponent systems' composition and algorithms for their calculations are formed. Quantitative criteria are determined and a model for optimizing the composition of federal budget expenditures is presented. The comparison of actual and model indexes of the information content is presented as a way to adjust priorities in the composition of federal budget expenditures; as a way to develop tactics and strategies for the transition from the actual parameters of the expenditures' composition to the "best" distribution, which is described by a quantitative model of the optimal combination of the scales of its components. Retrospective optimization options based on the results

of the execution of expenditures in 2020 and promising options for optimizing the distribution of federal budget expenditures in 2022-2024 have been established.

Conclusion. Assessment of the information content and optimization of the components' scale of the budget expenditures' composition are recognized as elements of management of the distribution of public resources in the budget process, ways to ensure control over the effectiveness of budget decisions and can be useful for participants

in the budget process both at the stage of formation and at the stage of execution of budget expenditures.

Keywords: information, information content, modular theory of society, heterogeneity of the system, indexes of the information content, budget expenditures, priorities of budget expenditure allocation, synergetic theory of information, structural potential of the system, entropy of reflection.

Введение

Принципы полноты, прозрачности, достоверности, доступности, адресности и целевого характера использования бюджетных средств установлены Бюджетным кодексом Российской Федерации. Они обеспечиваются едиными правилами организации и функционирования бюджетной системы, единым порядком установления и исполнения расходных обязательств, формирования доходов и осуществления расходов, единством бюджетной классификации, единым порядком ведения бюджетного учета и составления бюджетной отчетности. В совокупности они призваны обеспечить «информативность» бюджета, под которой понимается его свойство содержать новое знание, быть понятным для участников бюджетного процесса и граждан страны. Главным предназначением оценки информативности является обеспечение контроля за эффективностью бюджетных решений и достижение общественного согласия в том, как формируются и используются общественные финансы. Вместе с тем, на взгляд авторов настоящей статьи, вопросы оценки информативности бюджетных решений в практике государственного управления остаются «темным местом» и, с учетом указанной потребности, нуждаются в научно обоснованном освещении.

Актуальность настоящего исследования определяется не только академической потребностью оценки информативности федерального бюджета. На необходимость оптими-

зации масштабов финансирования по бюджетуемым сферам указывают некоторые чувствительные макроэкономические показатели. В частности, по данным официального сайта Росстата в 2020 году оплата труда в бюджетных организациях (учреждения социального обеспечения, культуры, образования, здравоохранения) в течение всего исследуемого периода была ниже оплаты труда не только в среднем по экономике страны, но и в организациях всех иных видов деятельности, за исключением сельскохозяйственных и ЖКХ. Величина прожиточного минимума не была «прожиточной» (11312 руб. в месяц), количество населения с доходами ниже прожиточного минимума составила 17,8 млн. чел. Численность постоянного населения России сократилась на 577575 человек. Среднегодовой индекс роста ВВП за период с 2013 по 2020 годы составил 1,057 [1. С. 16]. При этом очевидно, что распределение значительной части расходов федерального бюджета должно соответствовать задачам «сбережения населения», преодоления бедности и ускорения темпов экономического роста, как безусловным приоритетам не только экономической, но и бюджетной политики.

Объектом исследования, результаты которого представлены в настоящей статье, являются изменяющиеся от года к году параметры распределения расходов федерального бюджета. Предметом исследования предстает количественная оценка информативности его состава. С учетом того, что доходная часть федерального

бюджета, ее структурное строение (состав налоговых и неналоговых доходов) сопряжены со структурой отечественной экономики, зависимы от нее, а расходная часть федерального бюджета, особенно масштабы ассигнований по разделам, подразделам, целевым статьям и видам расходов, формируется в бюджетном процессе, настоящее исследование направлено на количественную оценку информативности распределения расходов, статистически отражаемого посредством бюджетной классификации расходов федерального бюджета.

Исследование представляет собой ретроспективный взгляд на уже прошедшие события по исполнению бюджетных расходов, включает в себя структурный (количественный) аспект и предполагает прояснение характера и скрытых особенностей их статистического отражения с двойкой целью: быть полезным для участников бюджетного процесса как в ретроспективе, так и в будущих бюджетных циклах.

В первом разделе статьи излагаются теоретические основы, алгоритмы исследования, вводятся показатели информативности (первичные и вторичные), предъявлены инструменты их количественного измерения. Во втором разделе представлены результаты измерений первичных (индикативных) показателей информативности состава расходов в 2020 году на двух уровнях – по разделам и подразделам бюджетной классификации расходов федерального бюджета. При этом состав расходов рассматривается как целостность, как системное образование. Оценка показателей информативно-

сти и факторов, влияющих на их изменения, осуществлены путем сопоставления величин показателей на уровне разделов с величинами на уровне подразделов. В третьем разделе по итогам исполнения расходов федерального бюджета за период с 2014 по 2020 годы излагаются результаты измерений и оценка динамики вторичных (интегративных) показателей информативности. В четвертом разделе, с учетом результатов оценки интегративных показателей информативности, вводятся критерии и описываются возможности оптимизации распределения расходов федерального бюджета. В заключении представлены итоговые результаты настоящего исследования. Они имеют целью совершенствование управления распределением бюджетных ресурсов в будущих периодах.

Теоретические основы и алгоритмы исследования

Универсальные энциклопедические издания не дают непосредственного определения понятия «информативность». В специализированных словарях, как правило, речь идет об информативности сообщения, документа, текста. Характерным является пояснение экономического словаря [2] о том, что «информативность» — это относительный показатель количества информации, которое извлекает из сообщения (документа, текста) конкретный пользователь. Относительность показателя связана с тем, что степень информативности сообщения зависит от его потенциального получателя (читателя, пользователя). Здесь имеет место акцент на то, что информативность есть показатель, характеризующий не столько объективное свойство сообщения, сколько его субъективное восприятие со стороны пользователя. В лингвистическом словаре [3]

«информативность сообщения» — это системный признак текста, связанный со свойством сообщения фиксировать знания о мире, отражающие авторское мировосприятие, выраженное в текстовой форме. Здесь акцент иной — информативность есть свойство самого сообщения, в нем зафиксировано «знание о мире» его автора, а не читателя (пользователя).

В словаре русского языка [4] значение слова «информативность» представлено со ссылкой на Википедию [<https://ru.wikipedia.org/wiki/Информативность>]. Википедия, в свою очередь, характеризует это понятие со ссылкой на работы доктора философии И.В. Дмитревской [5], посвященные системно-герменевтическому анализу литературных текстов [см. напр., 6] и доктора психологических наук Т.М. Дридзе, занимающейся вопросами языка и социальной психологии [7]. Информативность трактуется в широком смысле как все содержание сообщения и в узком смысле — как новое знание, имеющееся в тексте [5]. Оба автора утверждают, что при определении информативности существенную роль играет отношение содержания текста к тому знанию, которым располагает читатель по данному вопросу. Дмитревская И.В. условием информативности текста признает его понятность для читателя. При этом полностью знакомый и понятный текст считается безинформативным. Дридзе Т.М. также настаивает на относительности данной характеристики текста, которая предполагает множество интерпретаторов [7].

Википедия (вполне обоснованно) сообщает далее, что при оценке информативности сообщения используется три подхода: в рамках синтаксического — разрабатываются приемы оценки знаковых систем

безотносительно к их содержанию; в рамках семантического — предлагаются различные варианты оценки содержательной стороны сообщения (его ядром является смысл); в рамках прагматического — сообщение оценивается в отношении к его получателю (постижение смысла со стороны постигающего).

С учетом того, что Дмитревская И.В. информативность (литературных) текстов оценивает в рамках семантического и прагматического подходов, из ее работ [напр., 6] следует несколько выводов, полезных для выстраивания методологии оценки информативности и ее последующего применения в целях оценки ретроспективной информативности состава расходов федерального бюджета, с одной стороны, и его (состава) прогнозной информативности в будущих бюджетных циклах, с другой.

Во-первых, объектом оценки информативности выступает текст (сообщение, документ), методом оценки является интерпретация, толкование текста (герменевтика), а результатом оценки — постижение его смысла (семантика). Очевидно, что федеральный закон о федеральном бюджете на очередной год и на плановый период есть документ, который может быть признан объектом оценки информативности, а посредством интерпретации и толкования можно постигать смысл его нормативных положений. Однако следует учитывать, что федеральный закон о федеральном бюджете представляет собой документ (как никакой иной правовой акт), составленный посредством количественной системы знаков — цифр (чисел), обладает иерархической структурой и каждый уровень наполнен составными количественно выраженными частями. Для их интерпретации и толкования, постижения смысла, часто скрытого (по М.Хайдеггеру —

потаянного¹), нередко требуются математические методы (алгоритмы и приемы) анализа (знаковых систем).

Во-вторых, оценка информативности текста признается завершенной, если выявлен смысл и достигнуто понимание его содержания. При этом оценка информативности, постижение содержательного смысла текста осуществляется лицом, обладающим ценностными ориентирами, уровнем знаний, целевыми установками, которые, очевидно, сформировались ранее и за пределами содержания исследуемого текста. Применительно к оценке информативности федерального бюджета следует учитывать, что смысл его нормативных положений (как в части доходов, так и расходов) располагается за пределами собственно федерального закона о федеральном бюджете, в частности, в Налоговом, Бюджетном кодексах, а также в положениях государственных программ и иных документов стратегического планирования. Тем самым, качественная оценка информативности может быть сведена к сопоставлению нормативных положений федерального закона о федеральном бюджете со смысловыми положениями иных федеральных законов и документов стратегического планирования.

В-третьих, в рамках семантического и прагматического подходов к оценке информативности текста (документа, сообщения) процесс и результаты оценки неизбежно субъективируются. Мы полагаем, что преодолению чрезмерного влияния субъективности будет способствовать включение в процесс оценки информативности бюджетных решений

приемов оценки знаковых систем безотносительно к их содержанию. А именно – приемов оценки из арсенала синтаксического (структурного, количественного) подхода. Иначе говоря, целью количественной оценки информативности бюджетных решений в рамках синтаксического подхода является преодоление чрезмерной субъективации ее результатов, с одной стороны, и повышение объективации, с другой. С пониманием того, что результаты количественной оценки в целях постижения их смысла подлежат интерпретации и толкованию в рамках семантического и прагматического подходов.

Потребность в количественной оценке информативности федерального бюджета подталкивает обращение к его внутреннему устройству (строению). Здесь следует учитывать, что состав расходов федерального бюджета, как всякий исследуемый природный или социальный объект, состоит из иерархических уровней и каждый уровень представлен присутствующими данному уровню составными частями. Более того, при оценке информативности имеет значение то, что каждый из иерархических уровней федерального бюджета обладает различным уровнем обобщения/детализации расходов и эти расходы относятся к качественно различающимся бюджетизируемым сферам, отраслям и объектам.

В частности, подлежит проверке, казалось бы, естественное предположение, в соответствии с которым отражение состава расходов федерального бюджета на уровне его подразделов (около 100), в сравнении с его отражением на уровне разделов (14), будет обладать более высокой информативностью. А информативность расходов федерального бюджета на уровне видов расходов (в соответствии с бюджетной классификацией и данными

Федерального казначейства об исполнении федерального бюджета за 2020 год – около 17 тыс.) будет превышать информативность на уровне его подразделов. Иначе говоря, при оценке информативности следует предполагать ее зависимость от степени дробности структурного деления федерального бюджета. Требуемый ответ на вопрос состоит в том, как именно показатель дробности бюджета влияет на показатели его информативности.

Вполне ожидаемым представляется изменение информативности в зависимости от изменений количественных величин разделов, подразделов и видов расходов, их удельных весов и соотношений (характеризующих не столько дробность, сколько неоднородность состава) распределения расходов федерального бюджета. Разрешению подлежит тот же вопрос – как характер неоднородности состава расходов влияет на показатель его информативности.

Любопытна оценка изменений информативности расходов федерального бюджета во времени, за определенный период, выходящий за пределы ежегодного бюджетного процесса. Особенно с учетом того, что год от года изменяется мощность (общий объем расходов) федерального бюджета, а в зависимости от приоритетов бюджетной политики – изменяется распределение расходов по разделам, подразделам, целевым статьям и видам расходов. В этих случаях оценке подлежат не только значения показателей информативности, но и направленность изменений – в сторону возрастания или снижения их величины.

Наибольший прогресс в подходах к количественному исследованию природных и социокультурных объектов, локальных информационных процессов в различных видах деятельности достигнут в тео-

¹ Дмитриевская И.В. в своей работе цитирует известное выражение Мартина Хайдеггера - «Познание смысла - переход от потаянного к непотаянному и далее к непотаяннейшему...» [8. - С. 232].

риях информации. В их рамках для интегральной характеристики строения объектов применяются количественно измеряемые величины-понятия: «энтропия» (отражающая хаотичность, рассеянность, неопределенность) и «информация» (характеризующая их упорядоченность, организованность, снятую неопределенность), а также изменения соотношения этих величин при трансформациях внутреннего строения объектов. Сложилось понимание того, что «энтропия» и «информация» есть атрибутивные (имманентно, непреодолимо присутствующие) характеристики всякого системного образования.

В частности, в статье И.В. Барановой предложена методика оценки эффективности расходов консолидированного бюджета Новосибирской области с использованием энтропии² [10]. Поддерживая мнение отечественных и зарубежных исследователей, она утверждает, что «... нет более ... склонной к возникновению энтропии системы, чем финансовая.» [10. С. 23]. Энтропия, как количественная мера неопределенности (хаотичности), рассчитана ею применительно к структуре расходов консолидированного бюджета области. Полагаем, что величина энтропии отражает вполне определенную характеристику структурного строения систем любой природы, но по своему смыслу эта характеристика прямо противоположна тому, что в теориях информации принято называть «информацией». И.В. Барановой в указанной статье примени-

тельно к областному бюджету показано измерение меры неопределенности его расходов (т.е. количественной величины энтропии), но не меры снятой неопределенности (т.е. количественной величины информации), которая в нашем случае является приоритетным предметом исследования.

Вопросам количественной оценки информации, отражаемой системными объектами (обладающими свойствами целостности и единства), посвящены работы отечественного исследователя В.Б. Вяткина. В них представлена теоретическая конструкция, получившая наименование «синергетическая теория информации» [11–13]. В качестве предметной области теории предъявлены информационно-количественные аспекты отражения (самоотражения) системных образований, характеризующие их со стороны упорядоченности и хаотичности, а также изменения их соотношения при системно-структурных преобразованиях. В работе [13] описывается, что при отражении дискретных систем через совокупность их составных частей, происходит разделение отражаемой информации (I_A) на отраженную и неотраженную части. Отраженная часть информации рассматривается как функция негэнтропии³ отражения (I_Σ) и предстает ее количественной характеристикой. Количественной характеристикой неотраженной части информации выступает функция энтропии отражения (S). Аргументами обеих функций являются мощность и пара-

метры структурного строения (состава) дискретной системы.

Сумма *отраженной* (I_Σ) и *неотраженной* (S) информации, по исходному определению В.Б. Вяткина, составляет полную информацию (I_A) о системе как едином целом:

$$I_\Sigma + S = I_A = \log_2 m(A) = \text{const} \quad (1)$$

Выражение (1) признается инвариантным относительно любых структурных преобразований системы, интерпретируется как закон сохранения суммы порядка (отраженной информации) и хаоса (неотраженной информации) в ее структуре, как *закон сохранения информации*. И описывается следующим образом: «... что бы мы ни делали с системой без изменения общего количества элементов, на сколько бы частей не разбивали ее по значениям какого-либо признака и в каком бы соотношении по числу элементов не находились между собой части, сумма хаоса и порядка в структуре системы всегда будет оставаться неизменной.» [13. С. 7]. Это означает, что при $I_A = \text{const}$ значения негэнтропии отражения (I_Σ) и энтропии отражения (S) у исследуемой системы в результате ее структурных преобразований изменяются по принципу «сообщающихся сосудов».

Из выражения (1) следуют соотношения, которые могут быть использованы в качестве показателей информативности системы: $j = I_\Sigma / I_A$ – удельный вес отраженной информации, $\gamma = S / I_A$ – удельный вес неотраженной информации:

$$j = I_\Sigma / I_A = I_\Sigma / (I_\Sigma + S) \quad (2a)$$

$$\gamma = S / I_A = S / (I_\Sigma + S) \quad (2б)$$

Показатели отражаемой информации (I_A), отраженной информации (I_Σ), неотраженной информации (S) и удельные веса последних (j) и (γ) в составе системы мы признаем *первичными* показателями информативности исследуемых

² Расчет энтропии (H) структуры расходов консолидированного бюджета области произведена по формуле, представленной Шалановым Н.В. в его работе [9]: $H = -\sum_{i=1}^n e_i \ln e_i$, где e_i – доля выделенных разделов в структуре расходов консолидированного бюджета области.

³ Под термином «негэнтропия», в общем случае, понимается информация о «чем-либо», отраженная (воспроизведенная) через «что-либо», характеризующая отражение исследуемых объектов со стороны организованности, упорядоченности, определенности (в противоположность энтропии, как мере хаотичности, рассеянности, неопределенности).

систем. Они относительны и не имеют размерности. Значения удельных весов в процессе структурных преобразований отражаемой системы теоретически могут изменяться по принципу «сообщающихся сосудов» от нуля до единицы и предъявляются нами для целей *индикативной* оценки информативности расходов федерального бюджета.

Определенным эвристическим смыслом обладают производные первичных показателей: отношение показателей отраженной и неотраженной информации (их удельных весов) $I_{\Sigma} / S = j / \gamma = R$ (по Вяткину В.Б. – *R*-функция системы), их обратное отношение – $S / I_{\Sigma} = 1 / R = \gamma / j = U$, а также их произведение $I_{\Sigma} \times S = D$ (по Вяткину В.Б. – *D*-функция системы).

R-функции системы мы придаем смысл способности системы к изменениям (характеризует относительную изменчивость, неустойчивость строения), а ее обратной величине ($U = 1 / R$) – смысл способности к сопротивлению изменениям (характеризует относительную устойчивость, жесткость строения). С пониманием того, что в процессе структурных преобразований системы, сопровождающихся ростом дробности и снижением неоднородности (возрастает гомогенность системы), увеличивается показатель энтропии ее состава (S), что, в свою очередь, приводит к децентрализации и деконцентрации ее внутренних ресурсов и, одновременно, к повышению устойчивости строения системы (величина U возрастает, величина R снижается). И наоборот, при структурных преобразованиях системы, сопровождающихся снижением дробности и возрастанием неоднородности (возрастает гетерогенность системы), увеличивается показатель неэнтропии ее состава (I_{Σ}), что приводит

к повышению изменчивости (неустойчивости), способности к централизации и концентрации внутренних ресурсов (величина *R*-функции возрастает, величина *U* снижается).

D-функция ($D = I_{\Sigma} \times S$), по Вяткину В.Б., отражает интенсивность функциональных проявлений системы (структурный потенциал) и используется качестве показателя уровня ее развития [13. С. 30]. Тем самым, эмпирически установленная величина *D*-функции может быть использована для оценки информативности исследуемой системы с позиции достигнутой ею интенсивности функциональных проявлений, уровня развития:

$$D_{\text{факт}} = I_{\Sigma} \times S \quad (3)$$

В силу того, что произведение двух неотрицательных чисел с постоянной суммой является максимальным тогда, когда числа равны, максимальное значение *D*-функции системы ($D_{\text{макс}}$) с учетом соотношения [$I_{\Sigma} + S = I_A = \log_2 m(A)$] будет иметь при $I_{\Sigma} = S = I_A / 2$, а ее величина определяется выражением:

$$D_{\text{макс}} = I_{\Sigma} \times S = (I_A / 2)^2 = [\log_2 m(A)]^2 / 4 \quad (4)$$

Путем сопоставления величин $D_{\text{факт}}$ и $D_{\text{макс}}$ можно судить не только об их актуальных значениях, но и о степени приближения фактических значений *D*-функции исследуемой системы к своей максимальной величине. *R*-функцию, *D*-функцию и отношение $L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}}$ (*L*-функция) мы признаем в качестве *вторичных* показателей информативности исследуемой дискретной системы. Эмпирически установленные величины *R*-, *D*- и *L*-функций предъявляются нами для целей *интегративной* оценки информативности распределения расходов федерального бюджета.

Для практических расчетов первичных показателей ин-

формативности (их эмпирических значений) обратимся к выражениям функций зависимости полной (отражаемой) информации (I_A), отраженной (I_{Σ}) и неотраженной информации (S) дискретной системы от ее мощности [количества первичных элементов – $m(A)$] и структурных характеристик [дробности (N) и неоднородности состава – (pr)]. Если некоторая система A с числом первичных элементов $m(A)$ делится по какому-либо признаку на N частей B_1, B_2, \dots, B_N с числом элементов в каждой части соответственно равным $m(B_1), m(B_2), \dots, m(B_N)$, а сумма элементов всех частей $\sum m(B_i)$ охватывает все элементы $m(A)$ системы A , то количественные выражения для расчета значений величин (I_A), (I_{Σ}) и (S) такой системы, по В.Б. Вяткину, приобретают следующий вид [13. С. 6]:

$$I_A = \log_2 m(A) \quad (5);$$

$$I_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \frac{m(B_i)}{m(A)} \log_2 m(B_i) \quad (6);$$

$$S = - \sum_{i=1}^N \frac{m(B_i)}{m(A)} \log_2 \frac{m(B_i)}{m(A)} \quad (7)$$

Выражение (5) показывает способ расчета отражаемой (атрибутивной, полной) информации о системе, которая зависит исключительно от мощности $m(A)$ системы и определяется логарифмом ее величины. Выражения (6) и (7) отражают зависимость величин отраженной и неотраженной информации от дробности деления системы на части (N) и неоднородности состава (соотношения величин удельных весов частей) системы (pr), а также их взаимную связь. Эту связь Вяткин В.Б. поясняет следующим образом: «Аддитивная неэнтропия (I_{Σ}) и энтропия отражения (S) соотносятся между собой таким образом, что чем больше частей выделяется в ... составе (системы) и чем меньше эти части отличаются друг от друга по числу элементов [*т.е.*, чем

больше дробность и выше однородность (гомогенность) состава системы – курсив наш], тем больше энтропия отражения и меньше аддитивная негэнтропия. И, наоборот, – чем меньше частей в ее составе и чем более доминирует какая-либо часть по числу элементов [т.е., чем меньше дробность и выше неоднородность (гетерогенность) состава системы – курсив наш], тем больше аддитивная негэнтропия и меньше энтропия отражения.» [13. С. 6].

С учетом того, что дробность состава (количество частей N) исследуемой системы, как правило, эмпирически задана, остается указать на способ количественного измерения неоднородности (гомогенности\гетерогенности) состава системы. Такой способ известен из работ, выполненных в Институте социологии РАН под руководством А.А. Давыдова в рамках «модульной теории социума» (МТС) [14]. В соответствии с МТС неоднородность структурного строения социального модуля, состоящего из N частей, может быть охарактеризована средней пропорцией (pr) между членами (частями) убывающей последовательности $m(B_i)$, величина которой рассчитывается в соответствии со следующим алгоритмом [14. С. 113]:

$$pr = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{m(B_i)}{m(B_{i+1})} \quad (8)$$

Заметим, что при изменении размеров частей системного объекта рост величины средней пропорции (pr) указывает на возрастание гетерогенности, а снижение ее значения – на возрастание гомогенности состава убывающей последовательности.

Полагаем, что соотношения (1)–(8) достаточно эвристичны для разносторонней оценки информативности распределения расходов федерального бюджета и могут быть применены для расчетов как актуальной величин

ны, так и изменений показателей информативности; как по разделам бюджета, так и по его подразделам; как для ретроспективной оценки показателей информативности, так и для совершенствования распределения расходов федерального бюджета в будущих периодах.

Оценка информативности расходов федерального бюджета в 2020 году

Задачей данного раздела является установление величины, характера изменений и факторов, влияющих на направленность изменений первичных показателей информативности распределения расходов федерального бюджета. Для расчетов использованы годовые и поквартальные данные Федерального казначейства об исполнении федерального бюджета в 2020 году [15]. Эти данные дополнительно содержат информацию об ассигнованиях, утвержденных на этот год Федеральным законом о федеральном бюджете № 380-ФЗ⁴, и ассигнованиях, утвержденных сводной бюджетной росписью. В целях обеспечения полноты измерений показателей информативности указанные данные мы дополнили прогнозными данными расходов федерального бюджета (в части *разделов* бюджетной классификации⁵), установленными основными направлениями бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2020 год [16].

Расчеты первичных показате

⁴ Федеральный закон «О федеральном бюджете на 2020 год и на плановый период 2021–2022 годов» от 02.12.2019 г. № 380-ФЗ // Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>.

⁵ В ежегодно утверждаемых основных направлениях бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики прогнозные данные расходов федерального бюджета по подразделам не представлены.

телей информативности расходов федерального бюджета за 2020 год (I_A), (I_Σ), (S) проведены [по разделам ($N = 14$) с отражением исходных данных; по подразделам ($N = 92, 93$ и 94) без отражения исходных данных] в соответствии с алгоритмами (5), (6) и (7). Итоги расчетов указанных показателей представлены в строках 1–5 и 7–11 (столбцы 1–7) таблицы 1. В целях оценки факторов, влияющих на изменения первичных показателей, таблица 1 дополнена расчетными данными показателя неоднородности (pr) состава расходов (строка 6 по разделам, строка 12 по подразделам), величина которого рассчитана в соответствии с алгоритмом (8).

Исходные данные состава расходов по разделам федерального бюджета (табл. 1) содержат информацию об объемах расходов федерального бюджета, расходных приоритетах бюджетной политики на прогнозных и исполнительном этапах, а также об их изменениях в бюджетном процессе. Результаты расчетов отражают характер и направленность влияния (вклада) от этапа к этапу участников бюджетного процесса на общую величину, состав и приоритеты расходов федерального бюджета и, одновременно, на уровень информативности состава расходов как целостности.

1. Бюджетные ассигнования, утвержденные законом о федеральном бюджете № 380-ФЗ, в сравнении с установленными основными направлениями бюджетной политики на 2020 год, не претерпели существенных изменений как по общей сумме расходов бюджета, так и по разделам. Фиксируемый сводной бюджетной росписью существенный рост расходов в сравнении с величиной ассигнований, утвержденных законом, указывает на чрезвычайный характер принятия бюджетных решений и исполнения федерального

Таблица 1 (Table 1)

Показатели информативности расходов федерального бюджета на этапах федерального бюджетного процесса в 2020 году (по разделам и подразделам бюджетной классификации расходов)
Indexes of information content of federal budget expenditures at the stages of the federal budget process in 2020 (by sections and subsections of the budget classification of expenditures)

разделы бюджетной классификации расходов \ этапы бюджетного процесса	бюджетные ассигнования, установленные основными направлениями бюджетной политики	бюджетные ассигнования, утвержденные законом о федеральном бюджете	бюджетные ассигнования, утвержденные сводной бюджетной росписью (с учетом изменений)	исполнение расходов федерального бюджета				
				на 01.04. 2020 г.	на 01.07. 2020 г.	на 10.10 2020 г.	на 01.01. 2021 г.	
Этапы	1	2	3	4	5	6	7	
исходные данные по разделам бюджетной классификации расходов								
Расходы федерального бюджета – всего (в млрд руб.) – $m(A) = \sum m(B_i)$	19 503,40¹	19 665,99	23 842,44	4 617,96	9 915,02	14 873,53	22 821,55	
Общегосударственные вопросы – $m(B_1)$	1 555,40 (5)	1 508,15 (5)	1 951,10 (5)	282,87	647,93	1005,23	1 507,70 (5)	
Национальная оборона – $m(B_2)$	3 100,80 (2)	3 087,05 (2)	3 308,12 (3)	860,66	1514,80	2097,75	3 168,83 (3)	
Национальная безопасность и правоохранительная деятельность – $m(B_3)$	2 458,20 (4)	2 430,40 (4)	2 343,71 (4)	436,14	948,75	1464,46	2 226,56 (4)	
Национальная экономика – $m(B_4)$	2 638,30 (3)	2 661,88 (3)	3 598,39 (2)	361,05	1045,51	1785,60	3 483,90 (2)	
Жилищно-коммунальное хозяйство – $m(B_5)$	251,60 (11)	260,81 (11)	440,17 (10)	92,30	155,64	282,10	371,45 (10)	
Охрана окружающей среды – $m(B_6)$	348,40 (10)	340,33 (10)	262,89 (11)	84,90	124,01	182,05	260,61 (11)	
Образование – $m(B_7)$	911,60 (8)	982,38 (8)	999,63 (8)	200,06	448,07	630,63	956,86 (8)	
Культура, кинематография – $m(B_8)$	138,40 (12)	144,35 (12)	152,99 (12)	28,98	55,82	86,57	144,55 (12)	
Здравоохранение – $m(B_9)$	1 022,10 (6)	1 077,92 (6)	1 382,93 (7)	385,92	654,76	927,87	1 334,39 (7)	
Социальная политика – $m(B_{10})$	5 010,60 (1)	5 096,10 (1)	7 012,99 (1)	1417,40	3194,77	4767,84	6 990,27 (1)	
Физическая культура и спорт – $m(B_{11})$	69,90 (14)	74,70 (14)	81,66 (14)	9,46	23,10	40,27	75,28 (14)	
Средства массовой информации – $m(B_{12})$	92,40 (13)	94,79 (12)	121,86 (13)	17,79	41,64	66,86	121,10 (13)	
Обслуживание государственного и муниципального долга – $m(B_{13})$	897,00 (9)	896,96 (9)	784,46 (9)	171,43	349,74	532,60	784,17 (9)	
Межбюджетные трансферты общего характера бюджетам субъектов Российской Федерации и муниципальных образований – $m(B_{14})$	1 008,70 (7)	1 010,16 (6)	1 401,55 (6)	268,98	710,45	1003,69	1 395,88 (6)	
первичные показатели информативности по разделам бюджетной классификации расходов								
N	14	14	14	14	14	14	14	
1	I_A	14,2515	14,2635	14,5412	12,1730	13,2754	13,8605	14,4781
2	I_E	11,1121	11,1194	11,4661	9,1178	10,2392	10,8115	11,4303
3	S	3,1394	3,1441	3,0751	3,0552	3,0362	3,0490	3,0478
4	j	0,7797	0,7796	0,7885	0,7490	0,7713	0,7800	0,7895
5	γ	0,2203	0,2204	0,2115	0,2510	0,2287	0,2200	0,2105
6	pr	1,4384	1,4343	1,4335	1,5417	1,5142	1,4891	1,4530
первичные показатели информативности по подразделам бюджетной классификации расходов								
N	*	93	94	92	92	92	93	
7	I_A	*	14,2635	14,5412	12,1730	13,2754	13,8605	14,4781
8	I_E	*	9,2631	9,5997	7,5425	8,4918	9,0259	9,6232
9	S	*	5,0004	4,9415	4,6305	4,7836	4,8346	4,8549
10	j	*	0,6494	0,6602	0,6196	0,6397	0,6512	0,6647
11	γ	*	0,3506	0,3398	0,3804	0,3603	0,3488	0,3353
12	pr	*	1,1241	1,1148	1,1091	1,1088	1,1194	1,1161

Источник: исходные данные – [14, табл. 2.4; 15, табл. 4.1.3]; показатели – расчеты авторов.

Source: initial data – [14, table 2.4; 15, table 4.1.3]; indexes – calculations of the authors.

¹ Сумма расходов федерального бюджета в объеме 19 503,40 млрд руб. соответствует прогнозной величине, установленной на 2020 год «Основными направлениями бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов» и та же сумма на 2020 год отражена Правительством Российской Федерации во внесенном в Государственную Думу проекте федерального закона «О федеральном бюджете на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов».

бюджета в 2020 году. В условиях COVID-19, практикуемые ранее ежегодные изменения федерального бюджета (по предложениям правительства), в 2020 году парламентом не были осуществлены (не рассматривались) и, тем самым, палаты Федерального Собрания исключались из последующего бюджетного процесса. Утвержденные законом параметры бюджета сохранили первоначальные значения. Посредством сводной бюджетной росписи в 2020 году фиксировались решения Комиссии Федерального Собрания Российской Федерации по перераспределению бюджетных ассигнований⁶.

Фактическое исполнение расходов федерального бюджета по итогам 2020 года составило 22 821,55 млрд руб. или 117,01 процента от суммы ассигнований, утвержденной законом № 380-ФЗ, и 95,72% от суммы ассигнований, утвержденной сводной бюджетной росписью. Неизменными приоритетами в расходах федерального бюджета на всех этапах бюджетного процесса в 2020 году выступали расходы по 7 (из 14) разделам бюджетной классификации расходов (сумма отсечения – 1 трлн руб.): на социальную политику, национальную оборону, национальную экономику, национальную безопасность и правоохранительную деятельность, на общегосударственные вопросы, межбюджетные трансферты бюджетам бюджетной системы Российской Федерации и здравоохранение.

⁶ Комиссия формировалась в соответствии с положениями Федерального закона от 12.11.2019 г. № 367-ФЗ «О приостановлении действия отдельных положений Бюджетного кодекса Российской Федерации и установлении особенностей исполнения бюджетов бюджетной системы Российской Федерации в 2020 году». В состав Комиссии вошли по семь представителей от палат Федерального Собрания.

Сумма расходов по ним составила 20 107,53 млрд руб. или 88,11% от общей суммы расходов федерального бюджета, что указывает на высокую неоднородность (гетерогенность) состава расходов.

2. Величина отражаемой информации I_A и ее изменения, отраженные в колонках 1–3 и 7 таблицы 1, связаны (что очевидно) с изменениями от этапа к этапу величины расходов федерального бюджета $m(A)[I_A = \log_2 m(A)]$. Поквартальное исполнение расходов представлено с нарастающим итогом и величина показателя I_A и ее изменения (колонки 4–7 табл. 1) отражают это нарастание. При этом в 2020 году, как и в предыдущие годы, лишь пятая часть фактических расходов (20,24%) исполнена в первом квартале, более третьей части (34,82%) исполнено в четвертом квартале.

3. Совместное рассмотрение показателей отраженной (I_Σ) и неотраженной (S) информации (колонки 1–3 и 7 табл. 1) показывает, что величина I_Σ существенно превышает величину S на всех этапах бюджетного процесса. Фиксируется также *рост* величины показателя отраженной информации, и сопряженное с его ростом *снижение* величины показателя неотраженной информации.

4. Данные строк 4, 5 и 10, 11 таблицы 1 отражают изменения удельных весов отраженной (j) и неотраженной (γ) информации на этапах бюджетного процесса в зависимости от изменений от этапа к этапу полной информации I_A и изменений состава расходов при постоянной величине дробности N . Они свидетельствуют о том, что в бюджетном процессе за счет усилий его участников наблюдается тенденция к упорядочению (к росту величины j и снижению величины γ) информации о расходах федерального бюджета.

5. Наиболее любопытна направленность изменений

первичных показателей информативности при переходе представления состава расходов бюджета по разделам ($N = 14$) к представлению по подразделам ($N = 92, 93, 94$). Речь идет о различной степени приближения к деталям при последовательном «разглядывании» структуры и состава бюджетных расходов на разных уровнях их иерархического отражения. Подчеркнем, что при таком переходе величина полной информации (I_A) остается постоянной, дробность возрастает более 6,5 раз, а сопряженный с дробностью показатель неоднородности (pr) снижается более, чем на 20% (по сопоставительным данным строки 6 и строки 12 табл. 1). С возрастанием дробности (N) и понижением показателя неоднородности (pr) состава расходов федерального бюджета (по данным фактического исполнения бюджета) имеют место неожиданные эффекты:

показатель отраженной информации (негэнтропия отражения I_Σ) не возрастает, а снижается (данные строки 2 в сравнении с данными строки 8 табл. 1); показатель неотраженной информации (энтропия отражения S) не снижается, а возрастает (данные строки 3 в сравнении с данными строки 9 табл. 1);

удельный вес энтропии отражения (γ) возрастает, а не снижается (данные строки 5 в сравнении с данными строки 11 табл. 1); удельный вес негэнтропии отражения (j) снижается, а не возрастает (данные строки 4 в сравнении с данными строки 10 табл. 1);

рост показателя γ составляет большую величину (37,2%), чем снижение показателя j (15,8%).

Эффекты удивительны, но закономерны. Легко видеть, что при представлении расходов бюджета без деления на части (при $N = 1$), величина неотраженной информации S [в соответствии с выражением

(7)] и ее удельный вес (γ) [в соответствии с выражением (26)] будут равны нулю; величина отраженной информации I_Σ будет равна величине полной информации I_A и ее удельный вес (j) в соответствии с определением (2а) составит единицу. Но уже при двух равных частях состава расходов бюджета, т.е. при $N = 2$ и $pr = 1$, проявится энтропия отражения.

При гипотетическом исключении влияния изменений показателя неоднородности на удельные веса энтропии отражения (γ) и негэнтропии отражения (j) в составе расходов бюджета (т.е. при $pr = 1$) наши расчеты по данным итогового исполнения расходов федерального бюджета за 2020 год [$m(A) = 22\,821,55$ млрд руб.; $I_A = 14,4781$] показали следующие их значения:

при двух равных частях состава бюджета, т.е. при $N = 2$ и $pr = 1$, удельный вес энтропии отражения (γ) составит величину 0,0691, удельный вес негэнтропии отражения (j) приобретает значение меньше единицы ($j = 0,9309$);

при 14 равных разделах, т.е. при $N = 14$ и $pr = 1$, $\gamma = 0,2630$, $j = 0,7370$;

при 94 равных подразделах, т.е. при $N = 94$ и $pr = 1$, $\gamma = 0,4517$, $j = 0,5483$.

В результате можно зафиксировать еще один примечательный факт: при возрастании дробности состава расходов бюджета величины удельных весов отраженной и неотраженной частей информации по своим значениям сближаются. При дальнейшем ее росте (напр., при их представлении по 17 тысячам видов расходов) вполне обоснованно можно предполагать не только уравнивание, но и превышение величины удельного веса неотраженной информации (хаотичности, неопределенности) над величиной отраженной информации (упорядоченности, снятой неопределенности). Это означает, что

гипотетически возможно такое распределение расходов федерального бюджета, при реализации которого соотношение отраженной (I_Σ) и неотраженной (S) информации состава расходов, их удельных весов (j) и (γ), т.е. R -функция, приобретает равновесное значение ($j = \gamma$; $R = 1$).

Оценка информативности расходов федерального бюджета за период с 2014 по 2020 годы

Задачей данного раздела является установление количественных значений первичных и вторичных показателей информативности состава расходов федерального бюджета и динамики их изменений за 2014–2020 годы. Для расчетов использованы отчетные данные Федерального казначейства об исполнении федерального бюджета в 2014–2020 годах [15]. Расчеты проведены в соответствии с алгоритмами, представленными в первом разделе настоящей статьи, но в отличие от расчетов по данным за 2020 год выполнены с двумя ограничениями. Исходные данные за исследуемый период анализируются лишь по фактическому исполнению расходов федерального бюджета и только по разделам бюджетной классификации расходов. Результаты расчетов представлены в динамике за 2014–2020 годы в таблице 2 (первичные показатели) и таблице 3 (вторичные показатели).

Расходы федерального бюджета в исследуемый период характеризуются относительно плавным ростом их общего номинального объема (в 1,54 раза в 2020 году в сравнении с 2014 годом), единством бюджетной классификации расходов (число разделов $N = 14$ остается постоянным). Распределение расходов федерального бюджета, по преимуществу, осуществляется в рамках программно-целевого управле-

ния бюджетными ресурсами. При этом доля расходов на реализацию государственных программ от года к году возрастала: в 2014 году составила 51,09%, а 2020 году достигла 63,74% от общей суммы расходов федерального бюджета. Сохраняется неизменность приоритетов расходов (с незначительными вариациями по годам). Исключение, в силу чрезвычайного характера исполнения расходов, составляют лишь данные 2020 года. Повышенные и неизбежные затраты были осуществлены в области социальной политики, здравоохранения, национальной экономики, а также в области поддержки бюджетов субъектов Российской Федерации. Тем не менее, данные Федерального казначейства об исполнении федерального бюджета за 2020 год вполне сопоставимы с данными за 2014–2019 годы и могут быть проанализированы в рамках единой методологии расчетов как индикативных, так и интегративных показателей.

Расчетные данные первичных (индикативных) показателей информативности расходов федерального бюджета (табл. 2), несмотря на ежегодный рост общей суммы расходов [$m(A)$], в исследуемый период не демонстрируют существенных изменений. Величина удельного веса отраженной информации (j) значительно (как и в 2020 году) превышала удельный вес неотраженной информации (γ), но их величины оставались практически неизменными с точностью до второго знака после запятой ($j = 0,79\dots$; $\gamma = 0,21\dots$). Иначе говоря, индикативная информативность расходов федерального бюджета в 2014–2020 годах характеризуется весьма близкими количественными показателями.

Невольно напрашивается вывод о том, что масштабы расходов по бюджетлируемым сферам (разделам) приобре-

Динамика первичных показателей информативности состава расходов федерального бюджета по итогам их исполнения в 2014–2020 годах (по разделам бюджетной классификации, $N = 14$)
Dynamics of primary indexes of the information content of the federal budget expenditures' composition based on the results of their execution in 2014-2020 (by budget classification sections, $N = 14$)

Показатели\годы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
исходные данные по разделам бюджетной классификации расходов								
Расходы федерального бюджета – всего (в млрд. руб.) – $m(A)$	14831,58	15620,25	16416,45	16420,30	16713,00	18214,52	22821,55	
Общегосударственные вопросы – $m(B_1)$	935,74	1117,63	1095,59	1162,43	1257,12	1363,54	1507,70	
Национальная оборона – $m(B_2)$	2479,07	3181,37	3775,35	2852,27	2827,01	2997,45	3168,83	
Национальная безопасность и правоохранительная деятельность – $m(B_3)$	2086,17	1965,62	1898,66	1918,02	1971,58	2083,24	2226,56	
Национальная экономика – $m(B_4)$	3062,91	2324,24	2302,09	2460,06	2402,09	2827,08	3483,90	
Жилищно-коммунальное хозяйство – $m(B_5)$	119,61	144,12	72,24	119,48	148,79	282,18	371,45	
Охрана окружающей среды – $m(B_6)$	46,37	49,66	63,08	92,36	115,98	197,55	260,61	
Образование – $m(B_7)$	638,27	610,60	597,82	614,96	722,62	826,51	956,86	
Культура, кинематография – $m(B_8)$	97,83	89,92	87,33	89,69	94,85	122,37	144,55	
Здравоохранение – $m(B_9)$	535,54	515,99	506,34	439,85	537,31	712,97	1334,39	
Социальная политика – $m(B_{10})$	3452,37	4265,29	4588,48	4991,99	4581,80	4882,82	6990,27	
Физическая культура и спорт – $m(B_{11})$	71,16	72,96	59,55	96,14	64,02	81,41	75,28	
Средства массовой информации – $m(B_{12})$	74,83	82,11	76,61	83,21	88,45	103,50	121,10	
Обслуживание государственного и муниципального долга – $m(B_{13})$	415,61	518,71	621,26	709,16	805,97	730,77	784,17	
Межбюджетные трансферты общего характера бюджетам субъектов Российской Федерации и муниципальных образований – $m(B_{14})$	816,09	682,03	672,04	790,69	1095,42	1003,14	1395,88	
первичные показатели информативности расходов федерального бюджета								
1	$I_A = \log_2 m(A)$	13,8564	13,9311	14,0029	14,0032	14,0287	14,1528	14,4781
2	$I_z = \sum_{i=1}^N \frac{m(B_i)}{m(A)} \log_2 m(B_i)$	10,8676	10,9814	11,1158	11,0590	10,9890	11,0687	11,4303
3	$S = -\sum_{i=1}^N \frac{m(B_i)}{m(A)} \log_2 \frac{m(B_i)}{m(A)}$	2,9888	2,9497	2,8870	2,9442	3,0397	3,0841	3,0478
4	$j = I_z / I_A$	0,7843	0,7883	0,7938	0,7897	0,7833	0,7821	0,7895
5	$\gamma = S / I_A$	0,2157	0,2117	0,2062	0,2103	0,2167	0,2179	0,2105

Источник: $m(A)$ и $m(B_i)$ – данные Федерального казначейства об исполнении федерального бюджета за 2014–2020 годы; показатели – расчеты авторов.

Source: $m(A)$ and $m(B_i)$ – Federal Treasury data on the execution of the federal budget for 2014–2020; indexes – calculations of the authors.

ли «наилучшие» соотношения и в дальнейшем не требуют сколь-либо существенных изменений. А также о том, что приоритеты распределения бюджетных расходов в исследуемый период в целом устоялись и поэтому бюджетная политика в будущих бюджетных циклах должна сосредоточиться лишь на сбалансированном с развитием экономики росте бюджетных поступлений и соответствии им бюджетных расходов.

Для большей объективности такой оценки обратимся к результатам исследования характера и направленности изменений в области распределения расходов федерального бюджета, полученным в процессе анализа динамики вторичных (интегративных) показателей информативности состава расходов федерального бюджета за 2014–2020 годы (табл. 3). Их значения рассчитаны на основе данных таблицы 2.

Данные таблицы 3 позволяют оценить влияние управленческих воздействий на изменения интегративных показателей информативности состава расходов федерального бюджета. Будем полагать, что общий объем расходов $m(A)$ в исследуемый период устанавливался с учетом реальных возможностей изъятия финансовых ресурсов из экономики и их централизации в федеральном бюджете (напр., чистые налоги в составе ВВП составляли чуть более

Таблица 3 (Table 3)

Динамика вторичных показателей информативности состава расходов федерального бюджета по итогам исполнения расходов в 2014–2020 годах (по разделам бюджетной классификации, $N = 14$)

Dynamics of secondary indexes of the information content of the federal budget expenditures' composition based on the results of the execution of expenditures in 2014–2020 (by sections of the budget classification, $N = 14$)

Показатели\годы		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	$m(A)$, в млрд. руб.	14831,58	15620,25	16416,45	16420,30	16713,00	18214,52	22821,55
2	$R = I_{\Sigma} / S = j/\gamma$	3,6361	3,7229	3,8503	3,7562	3,6151	3,5890	3,7503
3	$U = 1 / R = S / I_{\Sigma} = \gamma/j$	0,2750	0,2686	0,2590	0,2662	0,2766	0,2786	0,2666
4	pr	1,4829	1,4970	1,6104	1,4655	1,4709	1,4097	1,4530
5	$D_{\max} = [\log_2 m(A)]^2 / 4$	48,0000	48,5189	49,0203	49,0224	49,2011	50,0754	52,4038
6	$D_{\text{факт}} = I_{\Sigma} \times S$	32,4811	32,3918	32,0913	32,5599	33,4033	34,1370	34,8373
7	$L = D_{\text{факт}} / D_{\max} \times 100\%$	67,67	66,76	65,47	66,42	67,89	68,17	66,48

Источник: $m(A)$ – данные таблицы 2; показатели – расчеты авторов.

Source: $m(A)$ – data from table 2; indexes – calculations of the authors.

10%). Влияние управленческих воздействий на интегративные показатели информативности распределения расходов федерального бюджета оценим посредством изменяющегося от года к году показателя неоднородности (pr). Характер зависимости изменений показателей устойчивости (U), изменчивости (R -функции) и L -функции ($L = D_{\text{факт}}/D_{\max}$) от изменений показателей неоднородности (pr) состава расходов и тесноту их связи для лучшей иллюстративности покажем посредством диаграмм (рис. 1, 2 и рис. 3).

Данные таблицы 3 и рис. 1 и 2 отчетливо демонстрируют тесную связь между сопоставляемыми показателями инфор-

мативности состава расходов и позволяют зафиксировать, что росту/снижению показателя неоднородности (pr) непременно следует снижение/рост показателя устойчивости U (рис. 1) и одновременно рост/снижение показателя неустойчивости R (рис. 2).

Рост общего объема расходов $m(A)$ федерального бюджета в 1,0917 раза в 2020 году в сравнении с 2014 годом (по данным строки 1 табл. 3) и снижение показателя неоднородности 1,0206 раза (в 2014 году $pr = 1,4829$, в 2020 году $pr = 1,4530$) сопровождались снижением показателя устойчивости ($U = 0,2750$ в 2014 году и $U = 0,2666$ в 2020 году, т.е. в 1,031 раза) и одновремен-

ным возрастанием показателя изменчивости ($R = 3,6361$ в 2014 году и $R = 3,7503$ в 2020 году, также в 1,031 раза). Эффект понятен – изменения показателей U (снижение) и R (возрастание) имеют равные значения, но противоположную направленность. Это означает, что в 2020 году в сравнении с 2014 годом управляющие воздействия на состав расходов федерального бюджета имели следствием рост его (состава) способности к изменениям (неустойчивость R возросла) и снижение способности к сопротивлению изменениям (устойчивость U снизилась).

Наиболее любопытны в исследуемый период измене-

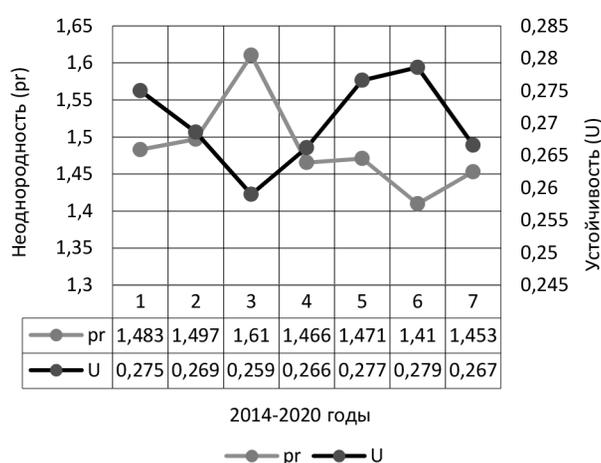


Рис. 1. Диаграмма зависимости устойчивости состава расходов федерального бюджета в 2014–2020 годах от его неоднородности

Fig. 1. Diagram of the stability dependence of the federal budget expenditures' composition in 2014–2020 on its heterogeneity

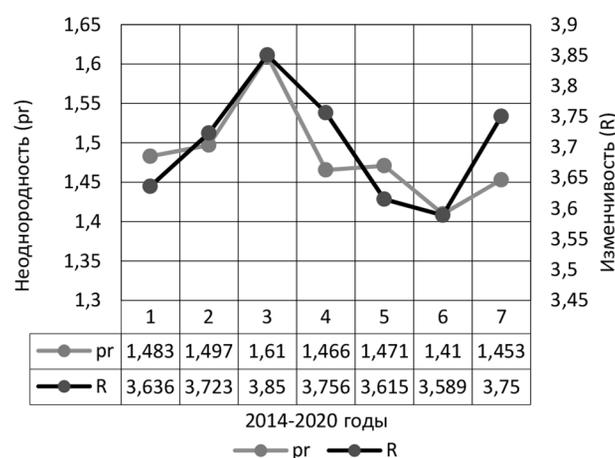


Рис. 2. Диаграмма зависимости изменчивости состава расходов федерального бюджета в 2014–2020 годах от его неоднородности

Fig. 2. Diagram of the variability dependence of the federal budget expenditures' composition in 2014–2020 on its heterogeneity

ния структурного потенциала (D -функции) состава расходов федерального бюджета. Рост величины как максимально возможного значения $D_{\text{макс}}$ (строка 5 табл. 3), так и фактического $D_{\text{факт}}$ (строка 6 табл. 3) сопровождался (пусть и незначительным) снижением значения их отношения ($L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}} = 67,67\%$ в 2014 году и $L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}} = 66,48\%$ в 2020 году). Результат закономерен, поскольку показатель $D_{\text{макс}}$, величина которого не зависит от показателя неоднородности [$D_{\text{макс}} = \log_2 m(A)^2 / 4$], возрос на 9,17 процента, а показатель $D_{\text{факт}}$, величина которого непосредственно связана с неоднородностью состава расходов ($D_{\text{факт}} = I_{\Sigma} \times S$), за исследуемый период возрос лишь на 7,25%. Эта разница в росте подсказывает, что снижение отношения L за исследуемый период является результатом снижения показателя неоднородности (pr) состава расходов федерального бюджета. Тесноту связи между изменяющимися значениями показателя неоднородности (pr – строка 3 табл. 3) и отношения $L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}}$ (строка 5 табл. 3) охарактеризуем посредством диаграммы (рис. 3).

Данные таблицы 3 и рис. 3 позволяют зафиксировать, что росту/снижению показателя неоднородности (pr) состава расходов практически без исключений следует снижение/рост показателя его L -функции. При этом, показатель неоднородности состава расходов в исследуемый период демонстрирует волатильность в широком диапазоне значений [максимальное значение ($pr = 1,6104$) имел в 2016 году, минимальное в 2020 году ($pr = 1,4530$)]. Становится очевидным, что изменчивость фактических значений L -функции является следствием изменений не только общей суммы расходов (в исследуемый период эта сумма плавно растет), но является реакцией на изменения показателя его

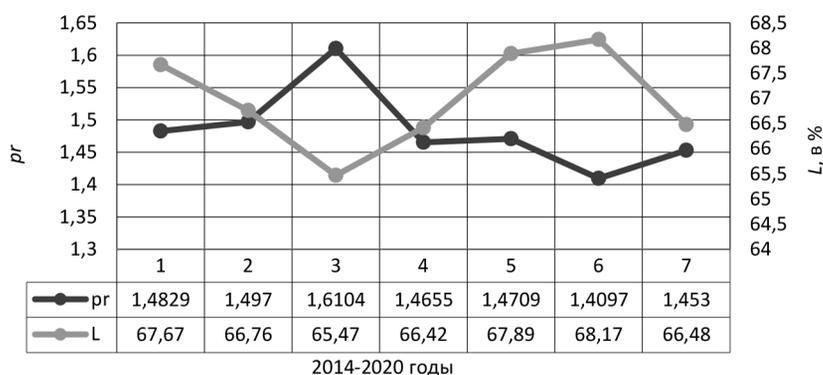


Рис. 3. Диаграмма зависимости L -функции состава расходов федерального бюджета в 2014–2020 годах от его неоднородности
Fig. 3. Diagram of the L -function dependence of the federal budget expenditures' composition in 2014–2020 on its heterogeneity

неоднородности (pr), т.е. на трансформации внутреннего строения, на изменения величины компонентов состава, на распределение расходов федерального бюджета.

Иначе говоря, изменения интегративных показателей информативности (U -, R - и L -функций) отражают различающиеся от года к году изменения в приоритетах распределения расходов по бюджетуемым сферам, т.е. представляет собой результат управленческих воздействий участников бюджетного процесса на состав расходов федерального бюджета. Независимо от того, были ли изменения в распределении расходов (снижение показателя неоднородности) целенаправленными или «так сложилось», они в 2020 году в сравнении с 2014 годом имели следствием снижение степени приближения фактических значений D -функции ($L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}}$) состава расходов к своему максимально возможному значению. Максимальное приближение имело место в доэпидемическом 2019 году – $L = 68,17\%$, минимальное – $L = 65,47\%$ в 2016 году.

Описываемые оценки распределения бюджетных ресурсов в 2014–2020 годах указывают на необходимость внесения изменений в политику распределения расходов. Речь идет о

таком распределении расходов федерального бюджета, при котором отношения показателей отраженной/неотраженной информации, их удельных весов, гетерогенности/гомогенности, изменчивости/устойчивости состава расходов приобретают некоторое оптимальное значение, а величина отношения $L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}}$ максимизируется. И такое движение предполагает установление и выбор: 1) направленности управленческого воздействия на состав расходов; 2) способа такого воздействия; 3) интенсивности и пределов воздействия.

1. Выбор направленности управленческих усилий вытекает из равенств (9) и (10), которые получены из выражений $D_{\text{факт}} = I_{\Sigma} \times S$, $R = I_{\Sigma} / S$ и $U = S / I_{\Sigma}$ и показывают квадратичную зависимость показателей устойчивости (при $U < 1$) и изменчивости (при $R > 1$) состава расходов от показателей негэнтропии отражения I_{Σ} и энтропии отражения S :

$$U = D_{\text{факт}} / I_{\Sigma}^2 \text{ или } U = S^2 / D_{\text{факт}} \quad (9);$$

$$R = I_{\Sigma}^2 / D_{\text{факт}} \text{ или } R = D_{\text{факт}} / S^2 \quad (10).$$

Если бюджетная политика в части распределения расходов бюджета в очередном бюджетном цикле направлена на рост устойчивости, усиле-

ние свойств сопротивляемости изменениям, на децентрализацию и демобилизацию расходов, т.е. на рост показателя U состава расходов, то [в соответствии с выражениями (9)] необходимо снижать величину негэнтропии отражения I_{Σ} (повышать величину энтропии отражения S). Это означает, что разницу величин первичных показателей информативности (I_{Σ}) и (S), их удельных весов (j) и (γ), в сравнении с достигнутыми в предшествующий период значениями, необходимо уменьшать. R -функция ($R = I_{\Sigma} / S$) состава расходов, в сравнении с достигнутой величиной, приобретет меньшее значение, а фактическое значение структурного потенциала ($D_{\text{факт}} = I_{\Sigma} \times S$) возрастет.

Если бюджетная политика направлена на рост изменчивости, на централизацию и мобилизацию, т.е. на рост R -функции состава расходов, то [в соответствии с выражениями (10)] необходимо повышать величину негэнтропии отражения I_{Σ} (снижать величину энтропии отражения S). При этом разницу величин (I_{Σ}) и (S), их удельных весов (j) и (γ), в сравнении с достигнутыми в предшествующий период значениями, необходимо увеличивать. R -функция возрастет, а показатель $D_{\text{факт}}$ снизится.

2) Способом воздействия на расходы со стороны участников бюджетного процесса является изменение приоритетов распределения расходов бюджета по бюджетуемым сферам, интегральным показателем которых выступает показатель неоднородности состава расходов (pr). Если политика участников бюджетного процесса в очередном бюджетном цикле направлена на рост устойчивости состава расходов (на рост показателя U), то способом ее реализации при заданной общей сумме расходов $m(A)$ является снижение (по отношению к до-

стигнутому) показателя неоднородности состава расходов (pr). Альтернативная политика, т.е. политика, направленная на рост неустойчивости (изменчивости) состава расходов (на рост R -функции), реализуется путем приращения (роста по отношению к достигнутому) показателя неоднородности состава расходов (pr).

3) Вопрос интенсивности и пределов воздействия на распределение расходов федерального бюджета заслуживает отдельных замечаний. Резюмируя направленность и способы воздействия на состав расходов, можно уверенно утверждать, что изменения распределения бюджетных ресурсов в будущих периодах должны иметь целью максимизацию величины L -функции, и единственным способом ее достижения (при заданной величине объема расходов) является снижение показателя неоднородности состава расходов (pr). При этом следует учитывать, что распределение расходов, преследующее максимизацию величины отношения $L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}}$, будет сопровождаться возрастающей гомогенностью и снижающейся гетерогенностью состава расходов, возрастанием неотраженной информации (S) [ее удельного веса (γ)] и снижением отраженной информации (I_{Σ}) [ее удельного веса (j)]; возрастанием показателя устойчивости (U) и снижением показателя изменчивости (R).

Формализованный взгляд на эти последствия подсказывает, что при предельном снижении отраженной информации ($I_{\Sigma} = 0$) величина D -функции приобретает нулевое значение ($D_{\text{факт}} = I_{\Sigma} \times S = 0 \times S = 0$). Такие системы характеризуются как вырожденные и в реальности не существуют. Но из выражения $D_{\text{факт}} = I_{\Sigma} \times S$ одновременно следует, что структурный потенциал (как произведение двух неотрицательных чисел с постоянной суммой) приобре-

тает максимальное значение тогда и только тогда, когда отраженная и неотраженная части информации отражаемой системы равны ($I_{\Sigma} = S$). В свою очередь, выражение $L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}} = 4 \times (I_{\Sigma} \times S) / I_A^2$ (при $I_A = I_{\Sigma} + S$) говорит о том, что величина L -функции будет составлять предельные 100 процентов лишь при $I_{\Sigma} = S$. Таким образом, не движение к нулевому значению отраженной информации (I_{Σ}), но движение ее значения к равенству со значением неотраженной информации (S) является условием решения задачи оптимизации распределения расходов федерального бюджета, интегративным индикатором которой выступает максимизация величины отношения $L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}}$.

Прагматический взгляд на те же последствия приводит к пониманию практической невозможности одномоментного достижения (напр., в течение одного бюджетного года или трехлетнего планового периода) предельной величины L -функции состава расходов. Особенно с учетом значительных и болезненных изменений приоритетов в бюджетных расходах, необходимости перераспределения крупных сумм между бюджетуемыми сферами. А также того, что бюджетная сфера государства весьма инертна и требует поэтапного проведения таких изменений. Трудности перехода связаны: во-первых, с безусловным сохранением ежегодной сбалансированности состава расходов; во-вторых, установлением критерия наилучшего (оптимального) соотношения расходов между бюджетуемыми сферами; в-третьих, обеспечением сбалансированности и оптимальности состава расходов на каждом этапе такого перехода.

Поскольку речь идет о распределении весьма значительных общественных ресурсов по бюджетуемым сферам, от-

раслям, объектам и категориям граждан, оптимизация распределения, т.е. установление оптимального соотношения показателей информативности состава расходов федерального бюджета, носит не праздный и не факультативный характер. Более того, авторами настоящего исследования признается актуальной задачей, которая имеет целью не только решение задачи оптимизации показателей информативности, но и совершенствование управления распределением расходов бюджетных ресурсов в будущих бюджетных циклах.

Об оптимизации распределения расходов федерального бюджета

Эмпирическое исследование состава расходов федерального бюджета показывает, что распределение расходов по бюджетуемым сферам не является произвольным. В процессе трансформаций состав расходов бюджета объективно устремлен на максимизацию функциональных проявлений. Смысл оптимизации состоит в приведении конкурирующих показателей отраженной и неотраженной информации, гомогенности и гетерогенности, централизации и децентрализации, концентрации и децентрализации, неустойчивости и устойчивости состава расходов к значениям, соответствующим некоторому оптимальному их сочетанию. Интегративным показателем движения состава расходов к оптимуму предстает вполне прагматичный показатель – отношение $L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}}$, прирост которого, как мы показали в третьем разделе настоящей статьи, непосредственно следует за снижением величины показателя неоднородности. Поэтому решение задачи оптимизации распределения расходов федерального бюджета может быть сведено к непосредственному определению оптимального значения

показателя неоднородности (pr) его состава.

Вместе с тем, фиксация приращения величины L -функции (ее максимизация) за определенный период времени может признаваться лишь необходимой, но недостаточной предпосылкой для признания состава расходов бюджета как движущегося к оптимальному сочетанию его конкурирующих показателей. О достаточности таких предпосылок можно говорить лишь на основании соответствующего критерия оптимальности значения показателя неоднородности (pr) состава расходов бюджета. Особенно с учетом ее (оптимальности) не моментного достижения, а последовательного и поэтапного движения к такому распределению расходов федерального бюджета, которое на каждом этапе соответствовало бы некоторым критериям оптимальности состава расходов.

Распределение общей суммы расходов федерального бюджета с применением оптимального показателя неоднородности (pr) предполагает ее разложение на части (разделы) с соответствующей дробностью и в соответствующей последовательности. Решение таких задач не является чем-то новым в науке. Фундаментальное значение приобрели широко известные и используемые в различных областях современного математического, естественнонаучного и гуманитарного знания распределения Мандельброта – Лотки – Лоренца – Парето – Ципфа и др., а также арифметические и геометрические прогрессии. Замечательные результаты в процессе исследований распределенных «социологических объектов» (*национальные и международные статистические ежегодники по различным странам мира, статистические ежегодники ООН по демографии, экономике, труду, культуре за различные перио-*

ды времени, результаты опросов общественного мнения ВЦИОМ, ФОМ, фирмой Гэллана и т.д.) получены учеными из Института социологии РАН под руководством А.А. Давыдова. В своих разработках в рамках «модульной теории социума» на обширном эмпирическом материале они показали [14. С. 113–115]:

в большинстве случаев распределенные объекты, компоненты которых располагаются в убывающей последовательности, наилучшим образом описываются геометрической прогрессией;

средняя пропорция между компонентами социального модуля (показатель неоднородности его состава) не является случайной величиной, она зависит от его мощности (количества первичных элементов социального модуля), количества компонентов последовательности и ... демонстрирует тяготение (с определенным разбросом значений) к некоторой постоянной величине;

в убывающих числовых последовательностях средняя пропорция (pr) между компонентами исследуемого социального модуля, обладающего свойством целостности, проявляется в интервале 1,237–2,236, а ее усредненное значение в рамках интервала тяготеет к величине константы золотой пропорции – $\Phi = 1,6180$.

Вездесущий характер проявленности этой константы известен с глубокой древности, она обнаруживается в современных исследованиях структурного строения как природных, так и социальных объектов, ее величина определена с высокой точностью, имеет собственное обозначение и равна $\Phi = 1,61803398...$ и может быть признана критерием наилучшего соотношения изменчивости и устойчивости, гомогенности и гетерогенности, концентрации и децентрации компонентного состава объектов и, одно-

временно, критерием максимизации их функциональных свойств. Вместе с тем, при обращении к т.н. «золотоносной» литературе обнаруживаются свидетельства существования устойчивых объектов, которые характеризуются величиной средней пропорции (pr) между их составными компонентами либо больше, либо меньше значения Φ .

Свидетельством первого случая является фундаментальная работа белорусского философа и математика Э.М. Сороко [17], в которой доказывается, что для одной и той же дискретной системы может существовать множество устойчивых состояний, соответствующих не только константе золотой пропорции, но также иным числам, большим величины Φ . Эти числа названы им «кодами скрытой гармонии», наименьшая величина равна единице ($pr = 1,0000$) и указывает на равномерное распределение компонентов в составе систем-объектов, следующая величина кода равна Φ , а все остальные имеют значения больше величины Φ [17. С. 198].

В качестве свидетельства второго случая назовем статью С.Л. Василенко с характерным названием – «Золотое сечение как начало полезных структур» [18]. В приложении к статье он приводит 38 т.н. чисел Пизо⁷ (или PV -чисел), не превышающих величину Φ , которые получены посредством рекурсии⁸

⁷ Числа Пизо (числа Пизо-Виджарягхавана, или PV -числа) открыты А.Туэ в 1912 году, но получили известность после публикации диссертации Шарля Пизо в 1938 году. В 1940-х годах исследования продолжил Т. Виджарягхаван.

⁸ Рекурсия - определение, описание, изображение какого-либо объекта (или процесса), в основе которого располагается некоторый базовый объект (или процесс), при этом базовый объект (или процесс) составляет и сохраняется как часть нового объекта (или процесса).

полинома золотой пропорции $\Phi_x = x^2 - x - 1$ [18. С. 9–11]. Автор утверждает, что в настоящее время получены значения всех PV -чисел, не превышающих величину золотой константы; наименьшее составляет величину 1,32471796 ..., а наибольшее из них равно самой константе золотой пропорции Φ .

Наконец, отечественный исследователь В.П. Шенягин, опираясь на классическое определение «золотой пропорции», в соответствии с которым целое ($A + a$) так соотносится с большей своей частью (A), как большая часть (A) соотносится с меньшей частью (a), оптимальной признает пропорцию (k), величина которой равна корню квадратному значения золотой константы ($k = \sqrt{\Phi} = 1,2720...$). Это такой коэффициент, при умножении (a) на который и делении (A) на него, большая часть (A) и меньшая часть (a) пропорции уравниваются [19. С. 1].

Рассматривая их в совокупности, приобретаем вполне рабочую версию ряда значений показателя неоднородности [$pr = m(B_i) / m(B_{i+1})$], которые меньше константы «золотой пропорции», но генетически связаны с ней: PV -числа, коэффициент k по В.П. Шенягину и равная единице минимальная величина «кода скрытой гармонии» по Э.М. Сороко (табл. 4).

Дискретно убывающая последовательность значений показателя неоднородности трактуется и предъясняется нами как этапы движения состава

расходов федерального бюджета от одного устойчивого состояния к другому устойчивому состоянию. При этом, как мы показали ранее, движение от большего значения показателя неоднородности к его меньшему значению сопровождается ростом от этапа к этапу величины интегрального показателя информативности состава расходов – L -функции ($L = D_{\text{факт}} / D_{\text{макс}}$). Что одновременно означает достижение (на каждом этапе движения) оптимального сочетания конкурирующих показателей отраженной (негэнтропии отражения) и неотраженной информации (энтропии отражения), неустойчивости и устойчивости, гетерогенности и гомогенности, концентрации и деконцентрации, мобилизации и демобилизации распределения расходов федерального бюджета. Иначе говоря, полученный ряд представляет собой эвристический инструмент, посредством которого можно не только ретроспективно оценивать, но и проектировать распределение расходов федерального бюджета в последующих бюджетных циклах.

Если известны количество компонентов в распределении расходов (в нашем случае $N = 14$), сумма [$\sum m(B_i)$] которых охватывает весь объем расходов федерального бюджета [$m(A)$], средняя пропорция между ними [значения $pr = m(B_i) / m(B_{i+1})$ в соответствии с данными табл. 4, минимальная величина которой больше единицы ($pr > 1$)]

Таблица 4 (Table 4)

Показатели неоднородности, не превышающие константу золотой пропорции Φ (с точностью до четвертого знака после запятой)
Heterogeneity indexes not exceeding the golden ratio constant Φ (with an accuracy up to the fourth decimal place)

$pr = \Phi = PV_{\text{макс}}$	$pr = PV$ -числам						$pr = k = \sqrt{\Phi}$ по В.П. Шенягину	$pr = 1$ по Э.М. Сороко
1	2–33	34	35	36	37	38	1,2720	1,0000
1,6180	...	1,5016	1,4656	1,4433	1,3803	1,3247		

и тип последовательности [в виде убывающей геометрической прогрессии, в качестве знаменателя (q) которой признаются критериальные значения pr ($q = pr$)]⁹, то легко восстанавливается вся убывающая числовая последовательность. А это именно та задача, которую необходимо решить в процессе оптимизации состава расходов федерального бюджета и определения масштаба каждого из 14 его компонентов как при ретроспективной оценке, так и в процессе распределения расходов в будущих бюджетных циклах.

Первоначально оценим теоретическое, максимально возможное значение величины L -функции состава расходов федерального бюджета по итоговому данным их исполнения за 2020 год. Общий объем расходов $m(A) = \sum m(B_i) = S_N = 22821,55$ млрд руб., число компонентов (разделов) в составе расходов $N = 14$. Учтем, что в соответствии с критериальным рядом таблицы 4 максимизация L -функции достигается при значениях неоднородности равной единице [$pr = m(B_i) / m(B_{i+1}) = 1,0000$], которая возможна тогда, когда мощность каждого раздела равна $1/14$ общего объема расходов и составляет величину $22821,55/14 = 1630,11$ млрд руб. Результаты расчетов L -функции, а также первичных и иных вторичных показателей информативности, соответствующие заданным условиям данной задачи, приведены в колонке 9 таблицы 5. Максимально возможная (исключительно иллюстратив-

ная, поскольку полученный ряд не является геометрической прогрессией) величина L -функции состава расходов федерального бюджета по итогам его исполнения в 2020 году могла бы составить в реальности недостижимую величину – 77,53%.

В общем случае расчеты членов последовательности производятся с применением известных формул суммы геометрической прогрессии $S_N = a_1 \times (q^N - 1) / (q - 1)$ и величины ее любого члена – $a_N = a_1 \times q^{N-1}$. Сопоставление эмпирического и оптимизированного рядов, отражающих фактическое и расчетное распределение бюджетных расходов, представляет собой способ, посредством которого в соответствии с выбором варианта оптимизации можно определять величины будущих изменений масштабов каждого из компонентов $m(B_i)$ состава расходов федерального бюджета.

Результаты расчетов по реконструкции распределения расходов федерального бюджета по его 14 разделам за 2020 год представлены в таблице 5. Данные в колонках 3–8 отражают теоретически возможные варианты их ретроспективной оптимизации. Они представлены без указания наименований разделов в силу того, что соответствующие места в убывающей последовательности после перераспределения расходов в соответствии с новыми приоритетами могут занять другие бюджетизируемые сферы.

Сравнение данных в колонке 3 (критерий оптимизации – $pr = PV_1 = 1,6180$) с фактическими данными распределения расходов в 2020 году в колонке 2 ($pr = 1,4530$) таблицы 5 показывает существенное повышение масштабов лидеров и столь же существенное снижение масштабов аутсайдеров рейтинга расходных разделов бюджета

(усиливается гетерогенность состава расходов). Имеет место снижение показателя устойчивости (U) и возрастание показателя неустойчивости (R). Особо подчеркнем значительное падение показателя L -функции состава расходов (с 66,48% до 57,12%). Аналогичные эффекты, но с меньшей проявленностью, фиксируются при использовании критерия оптимизации $pr = PV_{35} = 1,4656$ (данные колонки 4 табл. 5).

При сравнении данных в колонке 8 (критерий оптимизации – $pr = k = 1,2720$) с данными в колонке 2 ($pr = 1,4530$) таблицы 5 проявляются противоположные эффекты. Усиливается гомогенность, возрастает показатель устойчивости (U) и снижается показатель изменчивости (R) состава расходов. Показатель L -функции достигает значения 70,05% от своей максимально возможной величины против фактического его значения в 66,48%.

Сопоставление этих эффектов приводит к выводу о том, что первые два варианта оптимизации следует признать неприемлемыми как в силу чрезмерного перераспределения расходов в пользу лидеров рейтинга, так и в силу падения показателя L -функции состава расходов. А вариант оптимизации с критерием оптимизации $pr = k = 1,2720$, сопровождающийся перераспределением расходов в пользу аутсайдеров рейтинга и повышением показателя L -функции, не может быть реализован в силу невозможности одномоментного достижения расчетных значений масштабов компонентов состава расходов федерального бюджета. Отсюда следует, что движение к оптимальному распределению расходов федерального бюджета предполагает несколько этапов. Критерием оптимизации на первом этапе следует

⁹ Правомерность применения средней пропорции (pr) в качестве знаменателя геометрической прогрессии (q) в одномерных частотных распределениях доказана научным сотрудником Института социологии РАН Чураковым А.Н. для случая $pr > 1$, $q > 1$ при $N > 8$ (ошибка менее 1%) и представлена в его работах [20. С. 182–183; 21. С. 131–132].

Таблица 5 (Table 5)

Состав фактических и варианты оптимизированных масштабов компонентов состава расходов федерального бюджета по итогам их исполнения в 2020 году (по разделам бюджетной классификации, в убывающей последовательности, в млрд руб.)

The composition of the actual and options for the optimized scale of the components of the federal budget expenditures' composition based on the results of their execution in 2020 (by budget classification sections, in descending order, in billion rubles)

$m(B_i) \setminus pr$	Факт, $pr = 1,4530$	ретроспективные варианты оптимизации (3–8)						
		Оптимум, $pr = PV_1 =$ $= 1,6180$	Оптимум, $pr = PV_{35} =$ $= 1,4656$	Оптимум, $pr = PV_{36} =$ $= 1,4433$	Оптимум, $pr = PV_{37} =$ $= 1,3803$	Оптимум, $pr = PV_{38} =$ $= 1,3247$	Оптимум, $pr = k =$ $= 1,2720$	$pr=1$
$\Sigma m(B_i)$	22821,55	22821,55	22821,55	22821,55	22821,55	22821,55	22821,55	22821,55
$m(B_1)$	6990,27	8727,41	7284,31	7050,58	6357,30	5705,39	5054,44	1630,11
$m(B_2)$	3483,90	5393,84	4970,29	4885,15	4605,81	4306,87	3973,56	1630,11
$m(B_3)$	3168,83	3333,57	3391,36	3384,78	3336,88	3251,16	3123,82	1630,11
$m(B_4)$	2226,56	2060,26	2314,02	2345,22	2417,54	2454,23	2455,79	1630,11
$m(B_5)$	1507,70	1273,31	1578,92	1624,93	1751,49	1852,64	1930,62	1630,11
$m(B_6)$	1395,88	786,95	1077,34	1125,87	1268,94	1398,52	1517,76	1630,11
$m(B_7)$	1334,39	486,36	735,10	780,08	919,34	1055,71	1193,19	1630,11
$m(B_8)$	956,86	300,59	501,58	540,50	666,05	796,93	938,03	1630,11
$m(B_9)$	784,17	185,77	342,24	374,50	482,55	601,59	737,43	1630,11
$m(B_{10})$	371,45	114,81	233,52	259,48	349,60	454,12	579,73	1630,11
$m(B_{11})$	260,61	70,96	159,34	179,78	253,28	342,81	455,76	1630,11
$m(B_{12})$	144,55	43,86	108,72	124,57	183,50	258,78	358,30	1630,11
$m(B_{13})$	121,10	27,10	74,18	86,31	132,95	195,35	281,67	1630,11
$m(B_{14})$	75,28	16,75	50,62	59,80	96,32	147,46	221,44	1630,11
первичные показатели информативности								
I_A	14,4781	14,4781	14,4781	14,4781	14,4781	14,4781	14,4781	14,4781
I_Σ	11,4303	11,9796	11,6829	11,6332	11,4838	11,3418	11,2006	10,6707
S	3,0478	2,4985	2,7952	2,8449	2,9943	3,1363	3,2775	3,8074
J	0,7895	0,8274	0,8069	0,8035	0,7932	0,7834	0,7736	0,7370
γ	0,2105	0,1726	0,1931	0,1965	0,2068	0,2166	0,2264	0,2630
вторичные показатели информативности								
D_{\max}	52,4039	52,4039	52,4039	52,4039	52,4039	52,4039	52,4039	52,4039
$D_{\text{факт}}$	34,8373	29,9314	32,6564	33,0957	34,3864	35,5716	36,7101	40,6274
L , в %	66,48	57,12	62,32	63,16	65,62	67,88	70,05	77,53
R	3,7503	4,7946	4,1796	4,0891	3,8351	3,6163	3,4174	2,8027
U	0,2666	0,2086	0,2393	0,2446	0,2607	0,2765	0,2926	0,3568

признать достижение средней пропорции между масштабами расходных разделов бюджета $pr = PV_{36} = 1,4433$, на втором – $pr = PV_{37} = 1,3803$, а на некоторых отдаленных во времени этапах – $pr = PV_{38} = 1,3247$ и $pr = k = 1,2720$. С пониманием того, что на каждом этапе такого движения предполагаются новые приоритеты расходов, а распределению между разделами будут подвергаться различаю-

щиеся (как правило, возрастающие) от года к году общие суммы расходов федерального бюджета.

Вместо заключения

В качестве итогов настоящего исследования мы приводим вариативные примеры распределения расходов федерального бюджета в соответствии с предлагаемыми критериями показателя неод-

нородности состава расходов (табл. 4) и с учетом утвержденных Федеральным законом от 06.12.2021 г. № 390-ФЗ¹⁰ общих объемов расходов федерального бюджета на 2022 год и на плановый период 2023–

¹⁰ Федеральный закон «О федеральном бюджете на 2022 год и на период 2023–2024 годов» от 06.12.2021 г. № 390-ФЗ // Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>.

2024 годов¹¹ (варианты 1 и 2 по каждому году). Они представлены в табличном приложении и за исключением варианта 3 в дополнительных комментариях не нуждаются.

Вариант 3 за 2022 год (колонка 4 приложения) рассчитан на основе фиксации наибольшей величины масштаба расходов в рейтинге бюджетуемых сфер $[m(B_1)]$, которая получена путем сложения величины среднегодового прироста расходов по этому разделу за период с 2014 по 2020 годы к величине фактических расходов в 2020 году. Масштабы расходов по остальным 13 разделам рассчитаны в соответствии с очевидным алгоритмом – $m(B_{2÷14}) = m(B_{1÷13}) / pr$. Аналогичным образом рассчитаны варианты 3 по 2023 и 2024 годам (колонки 7 и 10 приложения). Общий объем

расходов $[\sum m(B_i)]$ по этому варианту соответствует сумме расчетных величин масштабов расходов по всем 14 разделам. Полученные значения масштабов компонентов и величина отношения между значениями смежных пар в составе расходов федерального бюджета в точности соответствуют избранному варианту оптимальных значений неоднородности.

На вопрос о том, в какой мере в бюджетном процессе распределения расходов следует придерживаться оптимизированных масштабов финансирования бюджетуемых сфер, укажем на два момента. Во-первых, обязательным в распределении расходов является достижение оптимальной величины средней пропорции состава расходов (pr), но значения величины отношений между значениями смежных пар $[m(B_i) / m(B_{i+1})]$ в рейтинге расходов могут различаться. Во-вторых, разница между величинами фактически утвержденных (неоптимальных) и оптимизированных масштабов будет фиксировать избыточное финансирование одних и недофинансирование других бюджетуемых сфер. Для первых это экспортный потенциал, потенциал сбыта своих товаров

и услуг не только за пределами отечественной бюджетной сферы (что естественно), но и за пределами национальной экономики, для вторых – обращение к внебюджетным источникам финансирования, вплоть до обращения за пределы отечественной экономики и юрисдикции (импортный потенциал).

Авторы исследования полагают, что оптимизация состава расходов федерального бюджета, масштабов финансируемых сфер, оптимальное сочетание конкурирующих показателей информативности (гетерогенности и гомогенности, централизации и децентрализации, концентрации и деконцентрации, неустойчивости и устойчивости) в соответствии с предложенными методами их оценки будет способствовать решению задач, указанных во вводной части настоящей статьи – «сбережение населения», преодоление бедности и ускорение темпов экономического роста. А бюджет в целом позволит «... наиболее близко к принятым социальным нормам удовлетворять потребности социально-профессиональных групп, а обществу ... гармонично развиваться» [22. С. 18].

¹¹ Утвержденные законом № 390-ФЗ от 06.12.2021 г. объемы расходов федерального бюджета на 2022-2024 годы значительно превышают их прогнозные значения, утвержденные на эти годы бюджетным прогнозом на период до 2036 года: по прогнозу на 2022 год – 21 143 млрд. руб.; на 2023 год – 22 565 млрд. руб.; на 2024 год – 24 006 млрд. руб.

Литература

1. Национальные счета России в 2013–2020 годах: Стат. сб./НЗ5 Росстат. М.: Росстат, 2021. 429 с.
2. Агафонова М. Ю. Большой экономический словарь: Под ред. А. Н. Азрилияна. 2-е изд. М.: Институт новой экономики, 1997. 856 с.
3. Жеребило Т. В. Термины и понятия: Методы исследования и анализа текста: Словарь-справочник. Назрань: ООО «Пилигрим», 2011.
4. Словарь русского языка: В 4-х т. / РАН, Ин-т лингвистич. исследований; Под ред. А. П. Евгеньевой. 4-е изд. М.: Полиграфресурсы, 1999.
5. Дмитриевская И. В. Текст как система: понимание, сложность, информативность. Иваново: Ивановский государственный университет, 1985. 88 с.
6. Дмитриевская И. В. Системно-герменевтический анализ проблемы смысла человеческого бытия // Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. 2008. № 2(8). С. 22–31.

7. Дридзе Т. М. Язык и социальная психология. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 240 с.
8. Хайдеггер М. К вопросу о назначении дела мышления // Философия сознания в XX веке. 1994.
9. Шаланов Н. В. Системный анализ. кибернетика. синергетика: математические методы и модели. Экономические аспекты. Новосибирск: НГТУ, 2008. 288 с.
10. Баранова И. В. Использование энтропии при оценке эффективности деятельности органов власти в сфере общественных финансов // Сибирская финансовая школа. Новосибирск. 2009. № 6(77). С. 22–25.
11. Вяткин В. Б. Синергетическая теория информации. Часть 1. Синергетический подход к определению количества информации [Электрон. ресурс] // КубГАУ. 2008. № 44(10). С. 1–24. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/10/pdf/12.pdf>.
12. Вяткин В. Б. Синергетическая теория информации. Часть 2. Отражение дискретных систем в плоскости признаков их описания [Электрон.

ресурс] // КубГАУ. 2009. № 45(1). С. 1–30. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/12.pdf>.

13. Вяткин В. Б. Хаос и порядок дискретных систем в свете синергетической теории информации // КубГАУ. 2009. № 03(47).

14. Давыдов А. А. Убывающие числовые последовательности в социологии: факты, объяснения, прогнозы // Социологические исследования. 2001. № 7. С. 113–119.

15. Официальный сайт Казначейства России. Исполнение федерального бюджета в 2020 году [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://roskazna.gov.ru/ispolnenie-byudzhetov/federalnyj-byudzhet/>.

16. Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_334706/9259139c7f62fb3c1df93036e9404db3fcf83241/.

References

1. Natsional'nyye scheta Rossii v 2013–2020 godakh: Stat. sb./H35 Rosstat = National accounts of Russia in 2013–2020: Stat. Sat/H35 Rosstat. Moscow: Rosstat; 2021. 429 p. (In Russ.)

2. Agafonova M. YU. Bol'shoy ekonomicheskiy slovar': Pod red. A. N. Azrilyana. 2-ye izd = Big Economic Dictionary: Ed. A. N. Azrilyana. 2nd ed. Moscow: Institute of New Economics; 1997. 856 p. (In Russ.)

3. Zherebilo T. V. Terminy i ponyatiya: Metody issledovaniya i analiza teksta: Slovar'-spravochnik = Terms and concepts: Methods of research and text analysis: Dictionary-reference book. Nazran: Pilgrim LLC; 2011. (In Russ.)

4. Slovar' russkogo yazyka: V 4-kh t. / RAN, In-t lingvistich. issledovaniy; Pod red. A. P. Yevgen'yevoy. 4-ye izd. = Dictionary of the Russian language: In 4 volumes / RAS, Institute of Linguistics. research; Ed. A. P. Evgenieva. 4th ed. Moscow: Polygraph resources; 1999. (In Russ.)

5. Dmitrevskaya I. V. Tekst kak sistema: ponimaniye, slozhnost', informativnost' = Text as a system: understanding, complexity, information content. Ivanovo: Ivanovo State University; 1985. 88 p. (In Russ.)

6. Dmitrevskaya I. V. System-hermeneutic analysis of the problem of the meaning of human existence. Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnyye nauki = Bulletin of the Ivanovo State University. Series: Humanities. 2008; 2(8): 22–31. (In Russ.)

7. Dridze T. M. YAzyk i sotsial'naya psikhologiya = Language and social psychology. Moscow: LIBROKOM; 2009. 240 p. (In Russ.)

8. Khaydegger M. On the question of the purpose of thinking. Filosofiya soznaniya v XX veke = hilosophy of consciousness in the XX century. 1994. (In Russ.)

17. Сороко Э. М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: Введение в общую теорию гармонии систем. Изд. 4-е. М.: ЛИБРОКОМ, 2012. 264 с.

18. Василенко С. Л. Золотое сечение как начало полезных структур // «Академия Тринитаризма». М., Эл № 77-6567, публ.17512, 09.06.2012.

19. Шенягин В. П. Оптимальность в гармонии // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.17967, 03.04.2013.

20. Чураков А. Н. О специфике модальных групп в частотных распределениях // Социология: 4М. 1999. № 11. С. 179–198.

21. Чураков А. Н. О некоторых математических зависимостях между параметрами частотных распределений // Социология: 4М. 2001. № 14. С. 130–150.

22. Яковлев И. П. О «точках роста» в социологии // Социологические исследования. 1999. № 1. С. 14–20.

9. Shalanov N. V. Sistemnyy analiz. kibernetika. sinergetika: matematicheskiye metody i modeli. Ekonomicheskiye aspekty = System analysis. cybernetics. synergetics: mathematical methods and models. Economic aspects. Novosibirsk: NGTU; 2008. 288 p. (In Russ.)

10. Baranova I. V. The use of entropy in evaluating the effectiveness of government bodies in the field of public finance. Sibirskaya finansovaya shkola = Siberian Financial School. Novosibirsk. 2009; 6(77): 22–25. (In Russ.)

11. Vyatkin V. B. Synergetic theory of information. Part 1. Synergetic approach to determining the amount of information [Internet]. KubGAU = KubGAU. 2008; 44(10): 1–24. Available from: <http://ej.kubagro.ru/2008/10/pdf/12.pdf>. (In Russ.)

12. Vyatkin V. B. Synergetic theory of information. Part 2. Reflection of discrete systems in the plane of signs of their description [Internet]. KubGAU = KubGAU. 2009; 45(1): 1–30. Available from: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/12.pdf>. (In Russ.)

13. Vyatkin V. B. Chaos and the order of discrete systems in the light of synergetic information theory. KubGAU = KubGAU. 2009; 03(47). (In Russ.)

14. Davydov A. A. Decreasing numerical sequences in sociology: facts, explanations, forecasts. Sotsiologicheskiye issledovaniya = Sociological research. 2001; 7: 113–119. (In Russ.)

15. Ofitsial'nyy sayt Kaznacheystva Rossii. Ispolneniye federal'nogo byudzheta v 2020 godu = Official website of the Treasury of Russia. Execution of the federal budget in 2020 [Internet]. Available from: <https://roskazna.gov.ru/ispolnenie-byudzhetov/federalnyj-byudzhet/>. (In Russ.)

16. Osnovnyye napravleniyabyudzhetnoy, nalogovoy i tamozhenno-tarifnoy politiki na 2020 god i na planovyy period 2021 i 2022 godov = The main directions of the budget, tax and customs tariff policy for 2020 and for the planning period of 2021 and 2022 [Internet].

Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_334706/9259139c7f62fb3c1df93036e9404db3fcf83241/. (In Russ.)

17. Soroko E. M. Zolotyie secheniya, protsessy samoorganizatsii i evolyutsii sistem: Vvedeniye v obshchuyu teoriyu garmonii sistem. Izd. 4-ye. = Golden sections, processes of self-organization and evolution of systems: Introduction to the general theory of systems harmony. Ed. 4 th. Moscow: LIBROKOM; 2012. 264 p. (In Russ.)

18. Vasilenko S. L. Golden section as the beginning of useful structures. Akademiya Trinitarizma = Academy of Trinitarianism. Moscow; El № 77-6567, publ.17512, 09.06.2012. (In Russ.)

19. Shenyagin V. P. Optimality in harmony. Akademiya Trinitarizma = Academy of Trinitarianism; Moscow; El № 77-6567, publ.17967, 03.04.2013. (In Russ.)

20. Churakov A. N. On the specifics of modal groups in frequency distributions. Sotsiologiya: 4M = Sociology: 4M. 1999; 11: 179-198. (In Russ.)

21. Churakov A. N. On some mathematical dependencies between the parameters of frequency distributions. Sotsiologiya: 4M = Sociology: 4M. 2001; 14: 130-150. (In Russ.)

22. Yakovlev I. P. On "points of growth" in sociology. Sotsiologicheskiye issledovaniya = Sociological research. 1999; 1: 14-20. (In Russ.)

Сведения об авторах

Олег Викторович Морозов

К.ф.н., руководитель научной школы
«Высшая школа публичной политики»,
член Совета Федерации Федерального Собрания
Российской Федерации,
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова», Москва Россия
Эл. почта: moleg566@gmail.com

Михаил Аркадиевич Васильев

Заместитель руководителя научной школы
«Высшая школа публичной политики»,
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова», Москва, Россия
Эл. почта: vma9852707439@yandex.ru

Information about the authors

Oleg V. Morozov

Cand. Sc. (Philosophy),
Head of Higher School of Public Policy, Member of
Council of Federation of Federal Assembly of Russian
Federation
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: moleg566@gmail.com

Mikhail A. Vasiliev

Deputy Head of the Higher School of Public Policy
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: vma9852707439@yandex.ru

Оценка эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов

Цель исследования – предложить концептуальный подход к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов на основе выделения позиции государства не только как получателя налогов, но и как регулятора хозяйственной деятельности. В соответствии с целью, поставлены следующие задачи: 1) в рамках концептуального подхода к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов предложить математическую интерпретацию целевой функции уплачиваемых налогов экономическим субъектом – налогоплательщиком и целевой функции налоговых поступлений государству; 2) обосновать функциональные ограничения данных целевых функций и предложить логику обоснования параметров кривой Лаффера; 3) предложить подход к объяснению формы кривой Лаффера, обусловленной поворотом параболы на ось штрафов; 4) для подтверждения предложенного подхода на основе корреляционного анализа оценить тесноту связи уровня налоговой нагрузки, количества выездных проверок и объёма доначисленных средств за выездную налоговую проверку.

Материалы и методы. В статье использована информация научных трудов российских и зарубежных ученых, Интернет-ресурсы. В работе были использованы следующие методы: метод логического анализа (для логического обоснования параметров кривой Лаффера); корреляционный анализ (для выявления взаимосвязи уровня налоговой нагрузки, количества выездных проверок и объёма доначисленных средств за выездную налоговую проверку); оценка тесноты связи проверена по шкале Чеддока; графический метод (для отражения различных подходов к построению кривой Лаффера).

Результаты. В работе предложен концептуальный подход к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов, который предполагает

выделение позиции государства не только как получателя налогов, но и как регулятора хозяйственной деятельности. В рамках данного подхода предложены математическая интерпретация целевой функции уплачиваемых налогов экономическим субъектом – налогоплательщиком и целевой функции налоговых поступлений государству.

Обоснованы функциональные ограничения данных целевых функций и предложена логика обоснования параметров кривой Лаффера. Рассмотрены различные подходы к построению кривой Лаффера. Проанализированы аргументы критиков кривой Лаффера. Предложен подход к объяснению формы кривой Лаффера, обусловленной поворотом параболы на ось штрафов. Определена логика обоснования параметров кривой Лаффера. На основе корреляционного анализа оценена теснота связи уровня налоговой нагрузки, количества выездных проверок и объёма доначисленных средств за выездную налоговую проверку. Выявлена тенденция к снижению количества выездных проверок (как формы налогового контроля) при сохранении основной фискальной задачи роста поступлений в бюджет Российской Федерации.

Заключение. Предложенный концептуальный подход к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов дает возможность разделить оценку фискальной эффективности и макроэкономической эффективности фискальной политики и руководствоваться предложенными параметрами при определении ставок налогообложения, что позволит использовать фискальную политику государства как элемент гармонизации социально-экономических интересов общества.

Ключевые слова: фискальная политика, налоговые поступления, налог, фискальная эффективность, налоговая ставка, социально-экономический интерес, кривая Лаффера.

Irina A. Karpukhno

Donetsk National University, Donetsk, Donetsk People's Republic

Assessment of The Effectiveness of Fiscal Policy in The Context of Socio-Economic Interests

Purpose of the study. The purpose of the study is to propose a conceptual approach to assessing the effectiveness of fiscal policy in the context of socio-economic interests based on the identification of the position of the state not only as a tax recipient, but also as a regulator of economic activity. In accordance with the goal, the following tasks are set: 1) within the framework of a conceptual approach to assessing the effectiveness of fiscal policy in the context of the socio-economic interests of the approach, to propose a mathematical interpretation of the target function of taxes paid by an economic entity - taxpayer and the target function of tax revenues to the state; 2) justify the functional limitations of these objective functions and propose a logic for justifying the parameters of the Laffer curve; 3) propose an approach to explaining the shape of the Laffer curve, due to the rotation of the parabola on the axis of penalties; 4) to confirm the proposed approach, on the basis of correlation analysis, evaluate

the closeness of the relationship between the level of the tax burden, the number of on-site audits and the amount of additionally assessed funds for an on-site tax audit.

Materials and methods. The article uses information from the scientific works of Russian and foreign scientists, Internet resources. The following methods were used in the work: the method of logical analysis (for the logical substantiation of the parameters of the Laffer curve); correlation analysis (to identify the relationship between the level of the tax burden, the number of on-site audits and the amount of additionally assessed funds for an on-site tax audit); the assessment of the tightness of the connection was checked according to the Chaddock scale; graphical method (to reflect different approaches to constructing the Laffer curve).

Results. The paper proposes a conceptual approach to assessing the effectiveness of fiscal policy in the context of socio-economic interests,

which involves highlighting the position of the state not only as a tax recipient, but also as a regulator of economic activity. Within the framework of this approach, a mathematical interpretation of the target function of taxes paid by an economic entity - a taxpayer and the target function of tax revenues to the state are proposed. The functional limitations of these objective functions are substantiated and the logic of justifying the parameters of the Laffer curve is proposed. Various approaches to the construction of the Laffer curve are considered. The arguments of critics of the Laffer curve are analyzed. An approach is proposed to explain the shape of the Laffer curve due to the rotation of the parabola on the penalty axis. The logic of substantiation of the parameters of the Laffer curve is determined. Based on the correlation analysis, the tightness of the relationship between the level of the tax burden, the number of on-site audits and the amount of additionally

charged funds for an on-site tax audit was estimated. A trend towards a decrease in the number of on-site inspections (as a form of tax control) is revealed, while maintaining the main fiscal task of increasing revenues to the budget of the Russian Federation.

Conclusion. The proposed conceptual approach to assessing the effectiveness of fiscal policy in the context of socio-economic interests makes it possible to separate the assessment of fiscal efficiency and macroeconomic efficiency of fiscal policy and be guided by the proposed parameters when determining tax rates, which will allow using the fiscal policy of the state as an element of harmonizing the socio-economic interests of society.

Keywords: fiscal policy, tax revenues, tax, fiscal efficiency, tax rate, social and economic interest, Laffer curve.

Введение

Оценка влияния фискальной политики государства на развитие экономики представляет как практический, так и научный интерес. Практический интерес обусловлен необходимостью применения научно-практического инструментария фискальной политики для реализации макроэкономической политики государства в любой области общественной деятельности. Однако оценка эффективности фискальной политики в целом связана с рядом проблем:

1) оценкой эффективности налоговой политики и оценкой эффективности государственных расходов и социальных трансфертов по отдельным направлениям и во взаимосвязи;

2) существованием нелинейной зависимости объемов общественного производства и налоговых поступлений;

3) сложностью оценки влияния фискальной политики на развитие отдельного региона, специальных экономических зон или территорий с особыми условиями развития;

4) отличием в её восприятии с позиций разных носителей фискальных интересов, в частности с позиции отдельных хозяйствующих субъектов и с позиции государства.

В условиях происходящих трансформационных процессов дополнительные сложности осуществлении фискальной политики возникают в связи с неоднозначностью оценки её эффективности в

контексте социально-экономических интересов.

Анализ экономических интересов получил рассмотрение в научных работах Т.А. Белобородовой [1], Е.М. Ефановой [2], Э.А. Исраиловой [3], П.А. Канапухин [4], А.В. Харламова [5], Н.С. Чернецовой [6] и др. Неоднозначную и диалектически противоречивую взаимосвязь экономических интересов и экономических институтов отмечают Т. Белобородова и Н. Чернецова [1, с. 67]. Н. Чернецова заявляет, что именно интересы, лежащие в основе мотивации хозяйственной деятельности, представляют базу механизма функционирования и развития общества [6, с. 489]. Особенности двух способов осуществления взаимодействия экономических интересов рассматривает Э. Исраилова [3, с. 139]. П. Канапухин выделяет механизмы реализации экономических интересов: институциональный, структурный, административный, информационный и т.д. [4, с. 105]. На основе анализа современного состояния системы экономических интересов и методов её регулирования А. Харламов и Е. Ефанова акцентируют внимание на факторах, связанных с природой возникновения разнонаправленных интересов, наличием и степенью рассогласованности экономических интересов субъектов хозяйственной системы, а в ряде случаев — и конфликтностью интересов, которые следует учитывать при разработке го-

сударственной политики [5, с. 86; 2, с. 142]. Однако противоречия и механизмы реализации социально-экономических интересов практически не рассматриваются в контексте фискальных отношений.

Американский экономист А. Лаффер описал функциональную зависимость такого результата налоговой политики, как объем поступлений налогов в бюджет, от уровня налоговой ставки как параболу с точкой максимума [7]. Термин кривая Лаффера или «фискальная кривая» предложил Д. Ванниски [8]. Концепция кривой А. Лаффера стала теоретическим обоснованием фискальной политики современного государства. Как правило, в рамках кривой А. Лаффера ведутся конкретные расчеты параметров эффективности. При этом исследования в этой области идут по двум основным направлениям:

— в соответствии с *первым (теоретическим) направлением* исследователи строят модели производственных и фискальных процессов в виде параболической зависимости А. Лаффера. При этом доказывается «эффект перегиба» на кривой и выявляются условия его возникновения (Л.Е. Соколовский [9], С.М. Мовшович [10], В. Аркин, А. Сластников, Э. Шевцова [11], В.В. Капитоненко [12]);

— в соответствии со *вторым (прикладным) направлением* рассчитываются величины так называемых точек Лаффера у отдельных стран мира (Е.В. Ба-

лацкий [13–15] С.В. Гусаков [16]. В работах Е.В. Балацкого рассмотрены Лафферовы эффекты и предложены показатели эффективности фискальной политики [13–15].

Анализ особенностей кривой Лаффера получил дальнейшее развитие в работах Ю. Ананиашвили [17], В. Папавы [18].

С.С. Шаталова, И.А. Белова, А.С. Бородина рассматривают проблемы налогообложения и систематизировали подходы к определению уровня налоговой нагрузки в экономике [19]. Оценка влияния временного фактора на налоговую нагрузку дана в работе В.П. Вишневого, А.С. Веткина и Е.Н. Вишневской [20].

Наличие научных работ, посвящённых исследованию данной проблемы, доказывает научный интерес российских учёных к оценке влияния фискальной политики на развитие экономики. Признавая глубину разработок соответствующих проблем в рыночных условиях в научных работах, следует отметить, что проблемы оценки эффективности фискальной политики государства в контексте социально-экономических интересов нуждаются в более глубокой теоретической разработке.

В данной работе предлагается концептуальный подход к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов на основе выделения позиции государства не только как получателя налогов, но и как регулятора хозяйственной деятельности. В соответствии с целью, поставлены следующие задачи: 1) в рамках концептуального подхода к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов подхода предложить математическую интерпретацию целевой функции уплачиваемых налогов экономическим субъектом — налогоплательщиком

и целевой функции налоговых поступлений государству; 2) обосновать функциональные ограничения данных целевых функций и предложить логику обоснования параметров кривой Лаффера; 3) предложить подход к объяснению формы кривой Лаффера, обусловленной поворотом параболы на ось штрафов; 4) для подтверждения предложенного подхода на основе корреляционного анализа оценить тесноту связи уровня налоговой нагрузки, количества выездных проверок и объёма доначисленных средств за выездную налоговую проверку.

Предложенный концептуальный подход к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов предполагает выделение позиции государства не только как получателя налогов, но и как регулятора хозяйственной деятельности, что позволит использовать фискальную политику государства как элемент гармонизации социально-экономических интересов общества.

Основная часть

Российский учёный Е. Балацкий отмечает, что оценку эффективности фискальной политики можно провести, например, с позиции *экономического субъекта* (при определении источника налогообложения) и *государства* как получателя налогов [13, с. 32–33].

У *экономического субъекта — налогоплательщика* в лице организаций, предпринимателей и домохозяйств (юридических и физических лиц) нет склонности к уплате налогов, есть прямой интерес заплатить меньше налогов, потому что они сокращают покупательную способность их доходов [19, с. 6]. С позиции *экономического субъекта — налогоплательщика*, чем меньше размер налогов и

меньше затраты (времени и ресурсов), связанные с их уплатой, тем лучше. Это означает: чем меньше налоговых изъятий, тем лучше. Поэтому целевую функцию уплачиваемых налогов экономическим субъектом — налогоплательщиком можно представить следующим образом:

$$F_{зс}(T) = \sum T \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $F_{зс}(T)$ — сумма налогов экономического субъекта — налогоплательщика, которую ему необходимо заплатить государству, ден. ед.;

T — различные виды налогов, уплачиваемых экономическим субъектом — налогоплательщиком, ден. ед.

Данная целевая функция уплачиваемых налогов экономическим субъектом — налогоплательщиком стремится к минимуму.

Однако при этом существует *функциональное ограничение*, описываемое различными налоговыми теориями как понимание необходимости уплаты налогов экономическими субъектами как определенной выгоды, получаемой от государства взамен, например, осознание соотношения между уплаченными экономическими субъектами налогами и обратным потоком услуг от государства. В. Вишневский, А. Веткин, Е. Вишневская и другие исследователи отмечают, что в развитых демократических обществах налоги усердно платят не потому, что их сложно или почти невозможно обойти (хотя издержки такого обхода могут быть довольно значительными), а на основе доброй воли и осознании значимости каждого индивида в обществе, его непосредственного участия в предоставлении общественных благ [20, с. 8].

С позиции *государства (получателя налогов)*, очевидно, что государство заинтересовано в достижении высоких значений налоговых доходов, что в свою очередь обусловле-

но наличием возложенных на государство обязательств, для исполнения которых необходим достаточный объем бюджетных средств [19, с. 6]. Это означает, что целевую функцию налоговых поступлений государству можно представить следующим образом [14, с. 33]:

$$F_2(T) = \sum T \rightarrow \max, \quad (2)$$

где $F_2(T)$ – сумма налоговых поступлений государству, ден. ед;

T – различные виды налогов, уплачиваемых государству, ден. ед.

Целевая функция налоговых поступлений государству стремится к максимуму.

Кроме того, с позиции государства оценка фискальной политики предполагает два аспекта оценки налоговой нагрузки, потому что государство занимает позицию *получателя налогов* и позицию *регулятора хозяйственной деятельности*.

Таким образом, можно предложить концептуальный подход к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов на основе выделения позиции государства не только как получателя налогов, но и как регулятора хозяйственной деятельности (рис. 1).

Первый аспект анализа результатов фискальной политики с позиции государства – получателя налогов включает *оценку фискальной эффективности*, влияющей на наполнение доходной части бюджета государства. Второй аспект анализа результатов фискальной политики с позиции государства как регулятора хозяйственной деятельности включает *оценку макроэкономической эффективности* фискальной политики, влияющей на уровень производственной активности экономической системы.

Эти две оценки фискальной политики противоречивы. Это означает, что фискальная по-

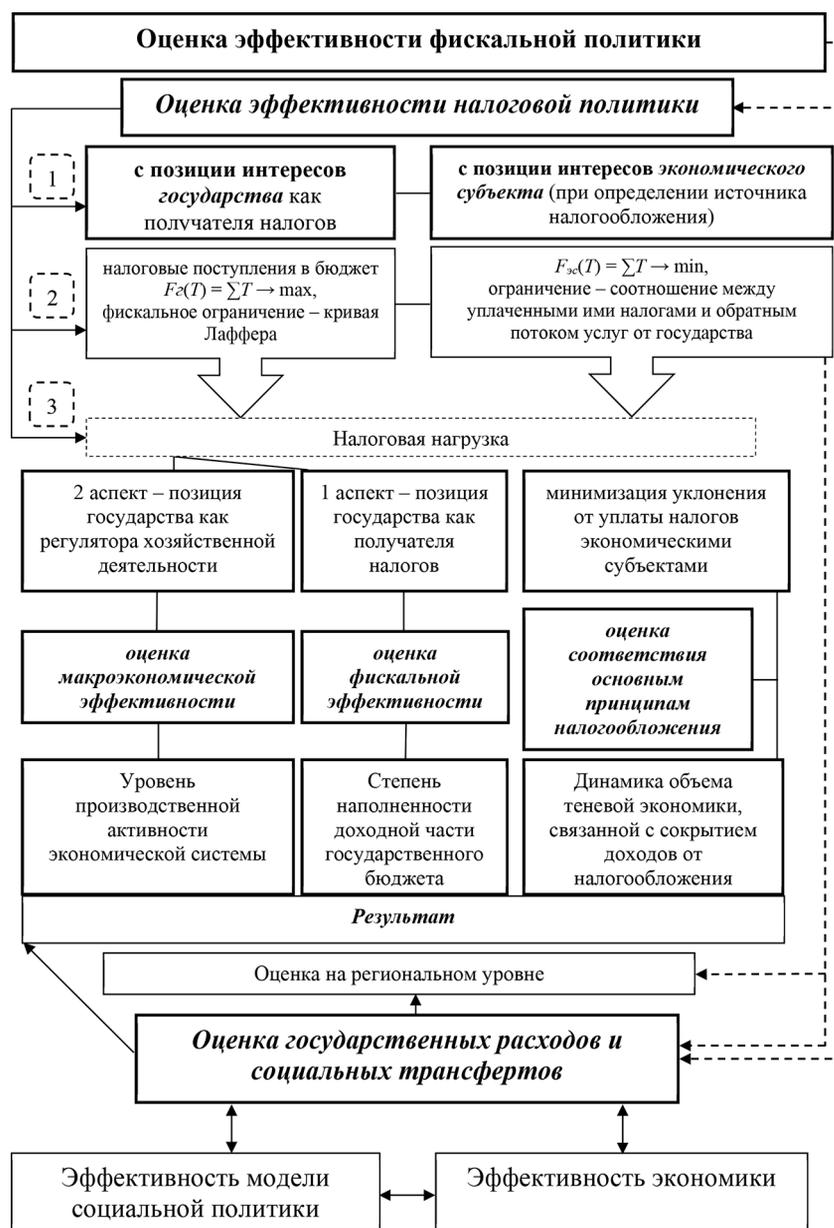


Рис. 1. Оценка эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов (составлено автором)

Fig. 1. Evaluation of the effectiveness of fiscal policy in the context of socio-economic interests (compiled by the author)

литика может считаться эффективной по одному критерию, и одновременно неэффективной по другому критерию. В рамках каждого из критериев фискальная политика может быть неоднозначна в связи с нелинейной зависимостью объемов общественного производства и поступлений налогов в бюджет государства [13, с. 33].

Существующее функциональное ограничение, описываемое в налоговой теории *кривой Лаффера*, представле-

но в виде параболы с точкой максимума – функциональная зависимость объема поступлений налогов в бюджет (T) от уровня налоговой ставки (t) (рис. 2).

На рис. 2 видно, что сначала налоговая ставка увеличивается до ставки t_0 , и это приводит к увеличению налоговых поступлений до T_0 . Затем следствием дальнейшего увеличения ставки налога является постепенное уменьшение налоговых поступлений.

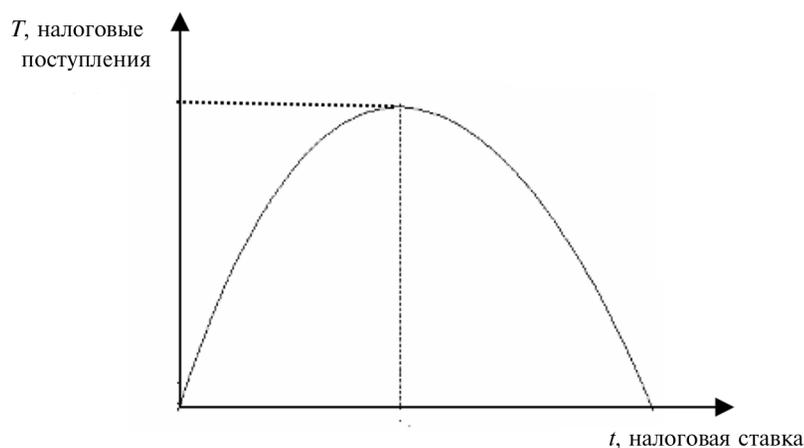


Рис. 2. Кривая Лаффера [7, с. 2]

Fig. 2. Laffer curve [7, p. 2]

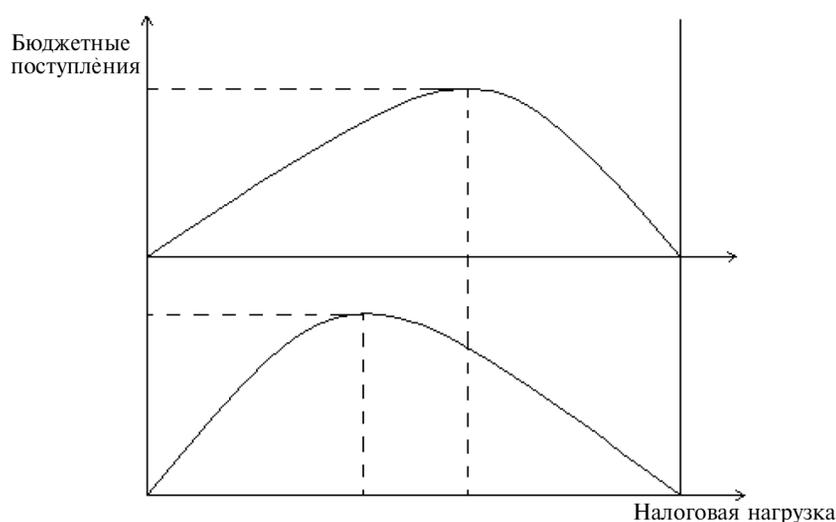


Рис. 3. Точки Лаффера первого и второго типа [21, с. 131]

Fig. 3. Laffer points of the first and second type [21, p. 131]

А. Лаффер обосновал то, что результатом уменьшения налоговых ставок будет экономический подъем и увеличение доходов государства, и обосновал наличие предельной ставки подоходного налога — максимальной налоговой ставки t_0 , при которой сумма налоговых поступлений максимальна.

Увеличение налоговой ставки выше предельной ставки t_0 приводит к определенным последствиям:

- сокращение сбережений населения приводит к уменьшению инвестиций в производство;
- падение предпринимательской активности;
- уклонение от уплаты налогов. Отсюда следует вывод,

что изменение объемов теневой экономики зависит от налоговой политики.

Для доказательства своей идеи А. Лаффер приводит цитату Ибн Хальдуна из «Мукаддимы»: «... в начале существования государства большие налоговые поступления дает маленькое налогообложение, а в конце — большое поступления» [7, с. 1].

Взаимосвязь налоговых ставок и поступлений налогов в бюджет может быть выражена как композиция двух основных эффектов:

- уменьшение налоговых ставок оказывает стимулирующее воздействие на производство;

— и оно же приводит к сокращению объема доходов бюджета, но это сокращение имеет временный характер.

А. Лаффером эти эффекты названы как *экономический* и *арифметический*, а исследователи В. Папава [18] и Ю. Ананиашвили [17] называют их *производственным* и *фискальным*. Странники А. Лаффера пришли к выводу об асинхронности указанных эффектов. Е. Балацкий полагает, что возможна ситуация, когда точка Лаффера первого типа (т.е. при такой налоговой ставке достигается максимум объема производства) не совпадает с точкой Лаффера второго типа (т.е. при такой налоговой ставке, когда достигается максимум налоговых поступлений) (рис. 3).

С точки зрения Е. Балацкого показателем эффективности фискальной политики является ширина «зоны фискальных противоречий», т.е. расстояние между двумя критическими точками на производственной и фискальной кривых [21, с. 131–132].

В. Вишневский рассматривает влияние временного фактора на налоговую нагрузку (рис. 4) [22, с. 108].

В. Папава отмечает, что кривая Лаффера покрывает не весь интервал, т.е. остается «зона неопределенности» (рис. 5).

Это обосновывается следующим образом:

- во-первых, нулевые ставки налогов означают отсутствие самого государства;
- во-вторых, функционирование командной экономики доказывает возможность почти полного перераспределения средств государством.

В. Папава подчеркивает «исключительную сложность определения местонахождения экономики на кривых Балацкого и Вишневского-Липницкого» [18, с. 39].

Однако критиками идей Лаффера (М. Эванс [23],

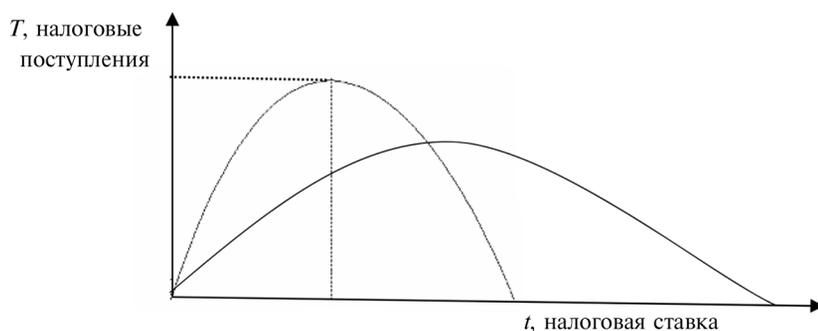


Рис. 4. Кривая Лаффера в кратко- и долгосрочном периодах [22, с. 108]
 Fig. 4. Laffer curve in the short and long term [22, p. 108]

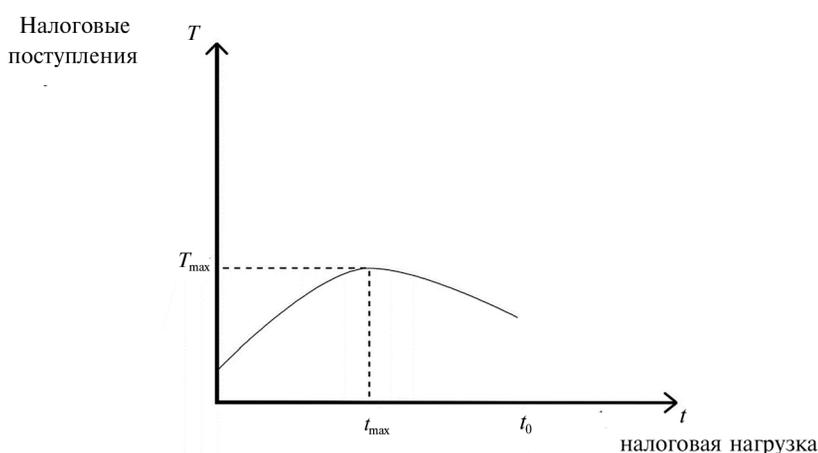


Рис. 5. Кривая Лаффера с учетом неопределенности граничных условий [18, с. 35]
 Fig. 5. Laffer curve taking into account the uncertainty of the boundary conditions [18, p. 35]

Д. Фуллертон [24–25] и др.) выдвинут ряд возражений:

во-первых, всегда ли следствием уменьшения налоговых ставок будет повышение деловой активности благодаря увеличению предложения труда? Эмпирические исследования показали, что зависимость между уменьшением ставок налогов и увеличением предложения труда не ярко выражена. Это объясняют тем, что уменьшение налогового бремени приводит у одних групп населения к готовности трудиться больше, но другие группы населения больше времени отводят досугу, почувствовав себя богаче;

во-вторых, уменьшение налоговых ставок имеет длительный лаг воздействия, т.е. приведет к увеличению совокупного предложения через длительный промежуток

времени. А в краткосрочном периоде возникает опасность уменьшения налоговых поступлений в бюджет государства;

в-третьих, вероятно, что уменьшение ставок налогов вместо ожидаемого сдвига кривой совокупного предложения может вызвать сдвиг кривой совокупного спроса вправо. При этом этот сдвиг на промежуточном или классическом (вертикальном) отрезках кривой совокупного предложения сопровождается повышением цен;

в-четвертых, реальное состояние существующей налоговой системы может не соответствовать предполагаемому теоретическому отрезку кривой Лаффера, для которого принимается решение о изменении фискальной политики. В таком случае снижение ставок налога вызовет уменьше-

ние налоговых поступлений государству.

К тому же Е. Балацкий утверждает, что «традиционной кривой Лаффера» не существует, а эффект перегиба в отношении налоговых поступлений можно предполагать только за несколько лет [14, с. 33; 26, с. 99]. Отсутствие простой линейной однозначной связи между уровнем жизни, развития экономики и уровнем налоговой нагрузки объясняется множеством других факторов, которые влияют на макроэкономические показатели, кроме налогов. Кроме того, разные группы населения реагируют по-разному на уменьшение ставок налога – более активно реагируют группы населения, получающие высокую оплату за свой труд.

С нашей точки зрения, форма кривой Лаффера обусловлена поворотом параболы на ось штрафов (рис. 6).

Поворот параболы на ось штрафов обусловлен отличием *начисленной* налоговой нагрузки конкретного налогоплательщика от *фактически уплаченной* налоговой нагрузки.

Фактически уплаченная налоговая нагрузка конкретного налогоплательщика превышает начисленную налоговую нагрузку на величину штрафов, уплаченных в связи с нарушением налогового законодательства, а также пени в связи с неуплатой налоговых и других платежей и пр. [27, с. 9]. Чем выше ставка налогов, тем больше суммы штрафов будут уплачивать экономические субъекты при попытке скрыться от уплаты налогов. Следствием поворота кривой Лаффера на ось штрафов является расширение точки Лаффера (оптимальной) до некоего диапазона Δt , который назовем «диапазоном оптимальности».

По рис. 6 видно, что на «диапазоне оптимальности» Δt линия становится практически горизонтальной. Предполагаем, что на практике это озна-

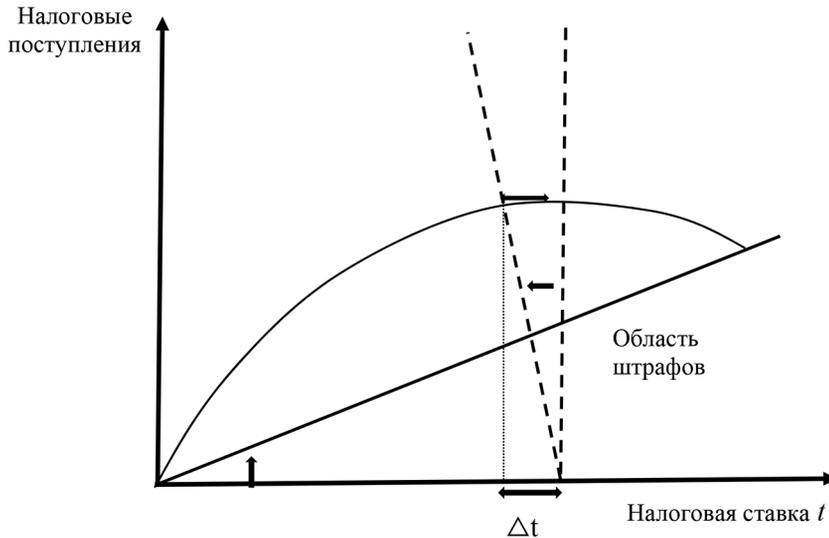


Рис. 6. Форма кривой Лаффера при повороте на ось штрафов (разработано автором)

Fig. 6. The shape of the Laffer curve when turning on the axis of penalties (developed by the author)

чает следующее: установление налоговой ставки в таком диапазоне будет приносить налоговые поступления на почти неизменном уровне.

С нашей точки зрения, данная кривая поднята над осью t путем переноса по вертикали вверх на величину государственной пошлины (регистрационные, гербовые, судебные сборы) и таможенной пошлины. Размеры государственных пошлин и таможенных пошлин не зависят от ставки налогов, но размер поступлений таможенных пошлин зависит от объема ввозимых товаров.

Мы считаем, что сложности подтверждения кривой Лаффера и выявления точек перегиба возникают в связи с невозможностью оценки одной константой всех факторов, влияющих на налоговые поступления и распылением результата, получаемого от снижения ставок налогов. Обоснуем это математически с помощью функции.

Используя зависимость объема налоговых поступлений государству (F_2) от налоговой ставки (t), найдем налоговую ставку (t), при которой налоговые поступления (F_2) будут максимальны. Для этого

нужно исследовать функцию F_2 (2) на экстремум.

Используем трехпараметрический метод математического описания уравнения параболы, примененного Е. Балацким [13]. С помощью данного метода преобразуем формулу (2) в виде формулы:

$$F_2(t) = at^2 + \epsilon t + c, \quad (3)$$

где $F_2(t)$ – сумма налоговых поступлений государству, ден. ед.; t – налоговая ставка, %; a, ϵ, c – некоторые константы, которые необходимо определить.

На константы a, ϵ, c в работах учёных при определении эмпирическим путем не обращается должного внимания: получаемые значения имеют широкий диапазон и отсутствуют объяснения цифровым значениям.

Найдем точку экстремума функции $F_2(t)$ (3). Так как необходимым условием экстремума функции является прави-

ло, что производная функции должна быть равна нулю или не существовать в данной точке, то необходимо проверить данное утверждение путем нахождения производной заданной функции $F_2(t)'$ и приравнивания её к нулю. Получим формулу:

$$2at + \epsilon = 0. \quad (4)$$

Из формулы (5.5) следует, что существует одна критическая точка:

$$t_0 = -\epsilon/2a. \quad (5)$$

Полученный результат означает:

– во-первых, налоговую ставку t_0 определяют два параметра a и ϵ ;

– во-вторых, из этих двух параметров обязательно один должен быть отрицательным, т.е. или ϵ или a должны быть отрицательными, чтобы налоговая ставка t_0 была положительной, и чтобы функция $F_2(t)$ достигала максимума в данной критической точке t_0 .

Наносим данную точку t_0 на координатную прямую для определения знака производной функции на двух промежутках (рис. 7).

При переходе через критическую точку t_0 происходит смена знака производной с «+» на «-». Следовательно, в этой точке функция достигла максимального значения.

Таким образом, так как на интервале $t_0 < -\epsilon/2a$ производная функции больше нуля, то данная функция на этом интервале является возрастающей; а на интервале $t_0 > -\epsilon/2a$ производная функции меньше нуля, следовательно, функция на этом интервале является убывающей.

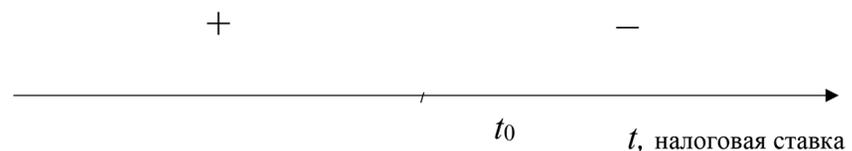


Рис. 7. Нахождение точки экстремума функции $F_2(t)$

Fig. 7. Finding the extremum point of the function $F_2(t)$

Так как при повороте кривой Лаффера на ось штрафов критическая точка t_0 на «диапазоне оптимальности» Δt становится не точкой максимума, а просто точкой начала отрезка («диапазона оптимальности»). Поэтому найти наибольшее значение функции на этом отрезке можно только в конечных точках данного отрезка. Анализ уровня налоговой нагрузки в странах позволяет спрогнозировать значения диапазона оптимальности. С нашей точки зрения, диапазон оптимальности Δt находится в пределах 30–40 %.

Следовательно, необходимо определить логику обоснования параметров a , b и c . Предполагаем следующее:

Так как объем налоговых поступлений (F_2) зависит от уровня дохода (Y) и ставки налога (t), то на один из параметров должны влиять факторы, определяющие возможность получения дохода (Y) и его уровень, а на другой параметр должны влиять факторы, определяющие границы уровня изъятия этого дохода государством.

Параметр a – комплексный интегрированный показатель, который зависит от нескольких макроэкономических переменных: уровня совокупного спроса, совокупного предложения, экономического роста, уровня жизни. Таким комплексным показателем может быть базовый индекс институционального развития, предложенный Е. Балацким, Н. Екимовой как измеритель институционального климата, включающий индексы эффективности политических институтов, экономических институтов и социальных институтов [28, с. 38]. Но ввиду отсутствия расчётных данных предлагаемого авторами индекса по странам мира, этот индекс пока что может служить лишь теоретическим ориентиром.

Параметр b – отражает изменение объёмов теневой экономики в зависимости от повышения ставок налогов, так как реакция бизнеса на повы-

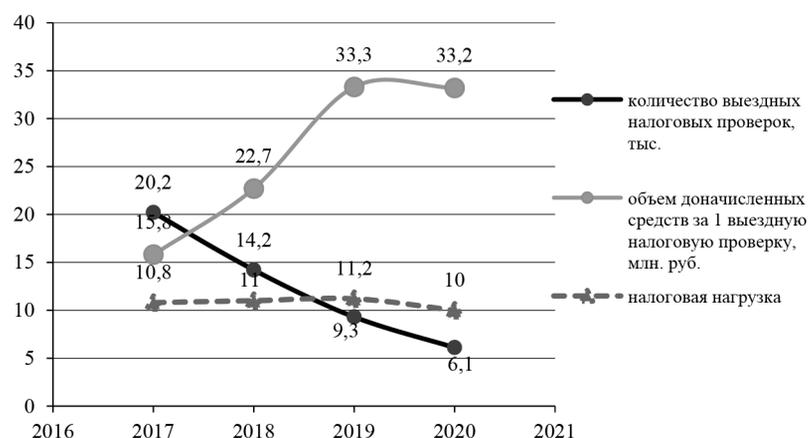


Рис. 8. Динамика выездных налоговых проверок за 2017–2020 гг. в Российской Федерации (составлено на основе [30])

Fig. 8. Dynamics of field tax audits for 2017-2020 in the Russian Federation (based on [30])

шение налогов – стремление уйти в «тень». Параметр b отрицательный, поскольку видна логическая закономерность в том, что увеличение теневой экономики приводит к сокращению поступлений доходов бюджета.

С нашей точки зрения, этот параметр связан с уровнем доверия государству. Он отражает ширину «диапазона оптимальности»: чем больше доверия государству, тем спокойнее люди будут относиться к повышению налоговых ставок в этом диапазоне без значительных попыток скрыться от налогообложения. Например, более половины опрошенных ВЦИОМ в Российской Федерации согласны на некоторое повышение налогов в случае, если при этом необеспеченные слои населения будут иметь больший доступ к бесплатным государственным услугам, и сами люди будут получать более качественные государственные услуги [29]. Опрос показал, что возможность влиять на распределение налоговых поступлений не имеет большой значимости для россиян, если придётся платить больше налогов. 81% участников исследования указывают на необходимость уплаты налогов государству в полном объёме [29].

Параметр c – штрафы, пени, т.е. те поступления в до-

ходы бюджета, которые не зависят от налоговой ставки.

Для обоснования параметра c , сравним количество выездных налоговых проверок с объёмом доначисленных средств за выездную налоговую проверку и уровнем налоговой нагрузки. За 2017–2020 гг. количество выездных налоговых проверок в Российской Федерации уменьшилось в 3,3 раза, а объём доначисленных средств за выездную налоговую проверку увеличился в 2,1 раза (рис. 8).

Рис. 8 свидетельствует о тенденции к снижению количества выездных проверок (как формы налогового контроля) при сохранении основной фискальной задачи роста поступлений в бюджет Российской Федерации.

Корреляция уровня налоговой нагрузки, количества выездных проверок и объёма доначисленных средств за выездную налоговую проверку представлена в табл. 1.

Следовательно, объём доначисленных средств в бюджет Российской Федерации за 1 выездную налоговую проверку повышался с уменьшением количества выездных проверок, а изменение установленного норматива уровня налоговой нагрузки не играло в данном процессе существенной роли. Это может свидетельствовать о преобладании субъективного фактора и не противоречит

Таблица 1 (Table 1)

Корреляция уровня налоговой нагрузки, количества выездных проверок и объёма доначисленных средств за выездную налоговую проверку
Correlation of the level of the tax burden, the number of on-site audits and the amount of additional funds for an on-site tax audit

Характеристика	Коэффициент корреляции	В соответствии со шкалой Чеддока связь
Влияние уровня налоговой нагрузки на объём доначисленных средств за 1 выездную налоговую проверку	0,25542	слабая
Влияние количества выездных проверок на объём доначисленных средств за 1 выездную налоговую проверку	0,97234	весьма высокая обратная
Влияние количества выездных проверок на уровень налоговой нагрузки	0,429881	умеренная прямая

сделанному предположению о параметре c , а именно о его независимости от налоговой ставки. Также это служит подтверждением предложенному нами подходу к объяснению формы кривой Лаффера, обусловленной поворотом параболы на ось штрафов.

Рассмотрение всех трех параметров позволяет логически сделать вывод, что отсутствие простой линейной однозначной связи между уровнем развитием экономики и уровнем налоговой нагрузки объясняется множеством факторов, которые влияют на макроэкономические показатели. Чем выше уровень совокупного спроса, совокупного предложения, экономического роста и уровня жизни в целом в стране, тем выше может быть величина оптимальной налоговой ставки в данной стране. Обычно в таких странах небольшой уровень теневой экономики,

что тоже позволяет экономике нормально реагировать на высокую налоговую ставку.

В странах, где значительный уровень теневой экономики сочетается с низким уровнем жизни, обычно население не видит положительного ответа государства (в виде улучшения качества жизни, предоставления общественных благ государством). Повышение налоговых ставок закономерно приводит к повышению ожиданий людей от государства в виде увеличения качества общественных благ.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1) Предложен концептуальный подход к оценке эффективности фискальной политики в контексте социально-экономических интересов, в котором

выделена позиция государства не только как получателя налогов, но и как регулятора хозяйственной деятельности.

2) В рамках данного подхода предложены математическая интерпретация целевой функции уплачиваемых налогов экономическим субъектом – налогоплательщиком и целевой функции налоговых поступлений государству.

3) Обоснованы функциональные ограничения данных целевых функций и предложена логика обоснования параметров кривой Лаффера. Обосновано, что следствием поворота кривой Лаффера на ось штрафов является расширение точки Лаффера (оптимальной) до «диапазона оптимальности». Предложенный подход дает возможность разделить оценку фискальной эффективности и макроэкономической эффективности фискальной политики и руководствоваться предложенными параметрами при определении ставок налогообложения.

4) Выявлена тенденция к снижению количества выездных проверок (как формы налогового контроля) при сохранении основной фискальной задачи роста поступлений в бюджет Российской Федерации. Обоснован вывод, что чем выше уровень совокупного спроса, совокупного предложения, экономического роста и уровня жизни в целом в стране, тем выше может быть величина оптимальной налоговой ставки в данной стране.

Литература

1. Белобородова Т. А., Чернецова Н.С. Взаимосвязь экономических интересов и социально-экономических институтов // Экономические науки. 2009. № 11(72). С. 63–67.

2. Канапухин П. А. Экономические интересы: сущность и реализации в транзитивной экономике. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. 224 с.

3. Исраилова Э. А. Особенности системы экономических интересов субъектов рыночного хозяйства // Вестник Ростовского государственного экономического университета. 2013. № 3(43). С. 138–144.

4. Ефанова Е. М. Исследование современно-

го состояния системы экономических интересов хозяйствующих субъектов и методы ее регулирования // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2014. № 6(90). С. 141–143.

5. Харламов А.В., Ефанова А.В. Государственная политика согласования экономических интересов хозяйствующих субъектов // Проблемы современной экономики. 2016. № 2(58). С. 86–87.

6. Чернецова Н.С. Становление методологии исследования экономических интересов // Известия Пензенского государственного педагогического университета имени В. Г. Белинского. Общественные науки. 2011. № 24. С. 480–490.

7. Laffer A. The laffer curve: past, present and future // Laffer Associates: Supply-Side Investment Research. 2004. С. 1–16.

8. Wanniski J. Taxes, revenues, and the «Laffer curve» // The Public Interest. 1978. Т. 50. С. 3–16.

9. Соколовский Л.Е. Подходный налог и экономическое поведение // Экономика и математические методы. 1989. Т. 25. № 4. С. 623–632.

10. Мовшович С.М., Соколовский Л.Е. Выпуск, налоги и кривая Лаффера // Экономика и математические методы. 1994. Т. 30. № 3. С. 139–159.

11. Аркин В., Слестников А., Шевцова Э. Налоговое стимулирование инвестиционных проектов в российской экономике. М.: РПЭИ / Фонд Евразия, 1999. 68 с.

12. Капитоненко В.В. Инфляционный сдвиг налоговой ставки на кривой Лаффера // Экономика и технология: межвузовский сборник научных трудов. М.: РЭА, 1994. С. 35–44.

13. Балацкий Е.В. Эффективность фискальной политики государства // Проблемы прогнозирования. 2000. № 5. С. 32–45.

14. Балацкий Е.В. Лафферовы эффекты и финансовые критерии экономической деятельности // Мировая экономика и международные отношения. 1997. № 11. С. 31–43.

15. Балацкий Е.В. Точки Лаффера и их количественная оценка // Мировая экономика и международные отношения. 1997. № 12. С. 85–94.

16. Гусаков С.В., Жак С.В. Оптимальные равновесные цены и точка Лаффера // Экономика и математические методы. 1995. Т. 31. № 4. С. 346–358.

17. Ананишвили Ю., Папава В. Налоги и макроэкономическое равновесие: лафферо-кейнсианский синтез. Стокгольм: Издательский дом SA&CC Press®, 2010. 142 с.

18. Папава В. Лафферов эффект с последствием // Мировая экономика и международные отношения. 2001. № 7. С. 34–39.

19. Шаталова С. С., Корытин А. В., Захаренкова Е. В. Анализ подходов к определению уровня налоговой нагрузки в экономике [Электрон. ресурс]. М.: РАНХиГС, 2017. 81 с. Режим доступа: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2946797. (Дата обращения: 05.03.2022).

20. Вишневецкий В. П., Веткин А. С., Вишневецкая Е. Н и др. Налогообложение: теории, проблемы, решения / под общ. ред. В. П. Вишневецкого. Донецк: ДонНТУ, ИЭП НАН Украины, 2006. 504 с.

21. Балацкий Е. В. О природе несостоятельности российской фискальной системы // Общество и экономика. 2004. № 11–12. С. 127–136.

22. Вишневецкий В. П., Липницкий Д. В. Оценка возможностей снижения налогового бремени в переходной экономике // Вопросы экономики. 2000. № 2. С. 107–116.

23. Evans M. K. Taxes, inflation, and the rich // Wall Street Journal. 1978. С. 10.

24. Fullerton D. Can tax revenues go up when tax rates go down? // Office of Tax Analysis U.S. Treasury Department Paper. 1980. № 41. С. 1–39.

25. Fullerton D. On the possibility of an inverse relationship between tax rated and government revenues // Journal of Public Economics. 1982. Т. 19. № 1. С. 3–22.

26. Балацкий Е. В. Анализ влияния налоговой нагрузки на экономический рост с помощью производственно-институциональных функций // Проблемы прогнозирования. 2003. № 2. С. 88–105.

27. Бородина А.С. Оценка налоговой нагрузки производственного предприятия // Налоги и налогообложение. 2011. № 9. С. 5–14.

28. Балацкий Е.В., Екимова Н.А. Эффективность институционального развития России: альтернативная оценка // TERRA ECONOMICUS. 2015. Т. 13. № 4. С. 31–51.

29. Всероссийский центр изучения общественного мнения [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://wciom.ru/>. (Дата обращения: 12.02.2022).

30. Публичная декларация целей и задач на 2021 год Федеральной налоговой службы Российской Федерации [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.nalog.ru/html/sites/www.new.nalog.ru/docs/about_fts/PublicDeclaration2020.pdf. (Дата обращения: 28.01.2022).

References

1. Beloborodova T. A., Chernetsova N.S. The relationship of economic interests and socio-economic institutions. *Ekonomicheskiye nauki = Economic Sciences*. 2009; 11(72): 63-67. (In Russ.)

2. Kanapukhin P. A. *Ekonomicheskiye interesy: sushchnost' i realizatsii v tranzitivnoy ekonomike = Economic interests: essence and implementation in a transitive economy*. Voronezh: Voronezh State University; 2006. 224 p. (In Russ.)

3. Israilova E. A. Features of the system of economic interests of subjects of the market economy. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Bulletin of the Rostov State University of Economics*. 2013; 3(43): 138-144. (In Russ.)

4. Yefanova Ye. M. Research of the current state of the system of economic interests of business entities and methods of its regulation. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Bulletin of the St. Petersburg State University of Economics*. 2014; 6(90): 141-143. (In Russ.)

5. Kharlamov A. V., Yefanova A.V. State policy of coordinating the economic interests of economic entities. *Problemy sovremennoy ekonomiki = Problems of the modern economy*. 2016; 2(58): 86-87. (In Russ.)

6. Chernetsova N. S. Formation of methodology for the study of economic interests. *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni V. G. Belinskogo*.

Obshchestvennyye nauki = Proceedings of the Penza State Pedagogical University. V.G. Belinsky. Social Sciences. 2011; 24: 480-490. (In Russ.)

7. Laffer A. The Laffer curve: past, present and future. Laffer Associates: Supply-Side Investment Research. 2004: 1-16.

8. Wanniski J. Taxes, revenues, and the «Laffer curve». The Public Interest. 1978; 50: 3-16.

9. Sokolovskiy L. Ye. Income tax and economic behavior. Ekonomika i matematicheskiye metody = Economics and Mathematical Methods 1989; 25; 4: 623-632. (In Russ.)

10. Movshovich S.M., Sokolovskiy L. Ye. Issue, taxes and the Laffer curve. Ekonomika i matematicheskiye metody = Economics and Mathematical Methods. 1994; 30; 3: 139-159. (In Russ.)

11. Arkin V., Slastnikov A., Shevtsova E. Nalogovoye stimulirovaniye investitsionnykh proyektov v rossiyskoy ekonomike = Tax incentives for investment projects in the Russian economy. Moscow: RPEI / Eurasia Foundation; 1999. 68 p. (In Russ.)

12. Kapitonenko V. V. Inflation shift of the tax rate on the Laffer curve. Ekonomika i tekhnologiya: mezhdunarodnyy sbornik nauchnykh trudov = Economics and technology: interuniversity collection of scientific papers. Moscow: REA; 1994: 35-44. (In Russ.)

13. Balatskiy Ye. V. The effectiveness of the fiscal policy of the state. Problemy prognozirovaniya = Forecasting problems. 2000; 5: 32-45. (In Russ.)

14. Balatskiy Ye. V. Laffer effects and financial criteria for economic activity. Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnyye otnosheniya = World Economy and International Relations. 1997; 11: 31-43. (In Russ.)

15. Balatskiy Ye. V. Laffer points and their quantitative assessment. Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnyye otnosheniya = World Economy and International Relations. 1997; 12: 85-94. (In Russ.)

16. Gusakov S.V., Zhak S.V. Optimal equilibrium prices and the Laffer point. Ekonomika i matematicheskiye metody = Economics and Mathematical Methods. 1995; 31; 4: 346-358. (In Russ.)

17. Ananiashvili YU., Papava V. Nalogi i makroekonomicheskoye ravnovesiye: laffero-keynsianskiy sintez = Taxes and macroeconomic equilibrium: Laffer-Keynesian synthesis. Stockholm: CA&CC Press; 2010. 142 p.

18. Papava V. Laffer effect with consequences. Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnyye otnosheniya = World Economy and International Relations. 2001; 7: 34-39. (In Russ.)

19. Shatalova S.S., Korytin A.V., Zakharenkova Ye.V. Analiz podkhodov k opredeleniyu urovnya

nalogovoy nagruzki v ekonomike = Analysis of approaches to determining the level of tax burden in the economy [Internet]. Moscow: RANEPa; 2017. 81 p. Available from: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2946797. (cited 05.03.2022). (In Russ.)

20. Vishnevskiy V. P., Vetkin A. S., Vishnevskaya Ye. N et al. Nalogooblozheniye: teorii, problemy, resheniya = Taxation: theories, problems, solutions - Ed. ed. V. P. Vishnevsky. Donetsk: DonNTU, IEP NAS of Ukraine; 2006. 504 p. (In Russ.)

21. Balatskiy Ye. V. On the nature of the insolvency of the Russian fiscal system. Obshchestvo i ekonomika = Society and Economics. 2004; 11-12: 127-136. (In Russ.)

22. Vishnevskiy V. P., Lipnitskiy D. V. Evaluation of the possibilities of reducing the tax burden in the transitional economy. Voprosy ekonomiki = Questions of Economics. 2000; 2: 107-116. (In Russ.)

23. Evans M. K. Taxes, inflation, and the rich. Wall Street Journal. 1978: 10.

24. Fullerton D. Can tax revenues go up when tax rates go down? Office of Tax Analysis U.S. Treasury Department Paper. 1980; 41: 1-39.

25. Fullerton D. On the possibility of an inverse relationship between tax rates and government revenues. Journal of Public Economics. 1982; 19; 1: 3-22.

26. Balatskiy Ye. V. Analysis of the impact of the tax burden on economic growth using production and institutional functions. Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting. 2003; 2: 88-105. (In Russ.)

27. Borodina A. S. Evaluation of the tax burden of a manufacturing enterprise. Nalogi i nalogooblozheniye = Taxes and taxation. 2011; 9: 5-14. (In Russ.)

28. Balatskiy Ye. V., Yekimova N. A. Effectiveness of Russia's institutional development: an alternative assessment. TERRA ECONOMICUS. 2015; 13; 4: 31-51. (In Russ.)

29. Vserossiyskiy tsentr izucheniya obshchestvennogo mneniya = All-Russian Center for the Study of Public Opinion [Internet]. Available from: <https://wciom.ru/>. (cited 12.02.2022). (In Russ.)

30. Publichnaya deklaratsiya tseley i zadach na 2021 god Federal'noy nalogovoy sluzhby Rossiyskoy Federatsii = Public declaration of goals and objectives for 2021 of the Federal Tax Service of the Russian Federation [Internet]. Available from: https://www.nalog.ru/html/sites/www.new.nalog.ru/docs/about_fts/PublicDeclaration2020.pdf. (cited 28.01.2022). (In Russ.)

Сведения об авторе

Карпухно Ирина Александровна

К.э.н., доцент,

доцент кафедры экономической теории

Донецкий национальный университет,

Донецк, Донецкая Народная Республика

Эл. почта: karpukhno_i@mail.ru

Information about the author

rina A. Karpukhno

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor,

Associate Professor of Economic Theory Department

Donetsk National University, Donetsk, Donetsk

People's Republic

E-mail: karpukhno_i@mail.ru

Народосбережение как фактор устойчивого социально-экономического развития регионов России (на примере Центрального федерального округа)

Цель исследования. Установление специфики ситуации в сфере народосбережения в регионах Центрального федерального округа, идентифицировать соответствие государственной социально-экономической политики реальному состоянию народосбережения в регионах Российской Федерации.

Материалы и методы. В процессе подготовки статьи авторами использованы материалы Федеральной службы государственной статистики, Территориальной службы государственной статистики по Орловской области, труды отдельных ученых и общественных организаций по проблемам народосбережения. В ходе работы были использованы статистические методы исследования: табличный и графический методы, анализ показателей рядов динамики, метод группировок.

Результаты. Была исследована динамика численности населения в 1990–2021 гг. в разрез федеральных округов страны, в том числе по регионам Центрального федерального округа, в зависимости от отдельных факторов (естественного, механического движения). Исследование численности населения в областях Центрального федерального округа показало, что за период 1990–2021 гг. сокращение численности населения установлено во всех субъектах ЦФО (кроме Белгородской, Московской областей и г. Москва). Наиболее быстрыми темпами уменьшается сельское население: коэффициенты смертности значительно превышают коэффициенты рождаемости в сельской местности,

сокращается доля трудоспособного населения, увеличивается доля населения старше трудоспособного возраста.

Заключение. Проблема народосбережения является актуальной и требует разработки эффективной системы управления качеством жизни населения и регулирования демографических процессов в областях Центрального федерального округа: Владимирской, Тверской, Орловской, Смоленской, Тульской, Ивановской; в которых уменьшение численности населения связано с естественными факторами: уровень смертности значительно превышает уровень рождаемости. Целесообразно сформировать региональные программы по совершенствованию организации здравоохранения в областях: Владимирской, Калужской, Ивановской, Орловской, Тверской, Ярославской. Для управления миграционными процессами, снижения дефицита рабочей силы в соответствии с потребностями экономики региона, создание рабочих мест и условий развития малого и среднего бизнеса, повышение качества жизни населения разработать соответствующие программы в областях: Владимирской, Орловской, Смоленской, Тамбовской, Тверской.

Ключевые слова: численность и размещение населения, городское население, сельское население, коэффициент рождаемости, коэффициент смертности, коэффициент естественного прироста, территориальная политика народосбережения, суммарный коэффициент рождаемости, средняя продолжительность жизни при рождении.

Tatiana A. Gulyaeva¹, Elena V. Takmakova², Matvey A. Kozyavin³, Vladimir I. Savkin¹

¹ Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

² Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

³ Russian State University of Justice, Moscow, Russia

Saving People as A Factor of Sustainable Socio-Economic Development of Russian Regions (on the Example of The Central Federal District)

Purpose of the study. To establish the specifics of the situation in the field of saving people in the regions of the Central Federal District, to identify the compliance of the state socio-economic policy with the real state of saving people in the regions of the Russian Federation.

Materials and methods. In the process of preparing the article, the authors used the materials of the Federal State Statistics Service, the Territorial State Statistics Service for the Orel region, the works of individual scientists and public organizations on the problems of saving people. In the course of the work, statistical research methods were used: tabular and graphical methods, analysis of dynamics' series indexes, the grouping method.

Results. The dynamics of the population in 1990–2021 was studied in the context of the federal districts of the country, including the regions of the Central Federal District, depending on individual factors (natural, mechanical movement). The study of the population in the regions of the Central Federal District showed that for the period 1990–2021, a decrease in the population was found in all regions of the Central Federal District (except Belgorodskaya, Moscow regions and Moscow). The rural population is decreasing at the fastest pace: mortality rates significantly exceed fertility rates in rural areas, the share of the working-age population is decreasing, and the share of the population older than working age is increasing.

Conclusion. The problem of saving people is urgent and requires the development of an effective system for managing the quality of life of the population and regulating demographic processes in the regions of the Central Federal District: Vladimirskaya, Tverskaya, Orlovskaya, Smolenskaya, Tulskaaya, Ivanovskaya; in which the decrease in population is associated with natural factors: the mortality rate significantly exceeds the birth rate. It is advisable to form regional programs to improve the organization of healthcare in the following areas: Vladimirskaya, Kalugskaya, Ivanovskaya, Orlovskaya, Tverskaya, Yaroslavskaaya. To manage migration processes, reduce

the labor shortage in accordance with the needs of the region's economy, create jobs and conditions for the development of small and medium-sized businesses, improve the quality of life of the population, develop appropriate programs in the following areas: Vladimirskaya, Orovskaya, Smolenskaya, Tambovskaya, Tverskaya.

Keywords: the number and location of the population, urban population, rural population, fertility rate, mortality rate, natural growth rate, territorial policy of population conservation, total fertility rate, average life expectancy at birth.

Введение

В обновленной стратегии национальной безопасности Российской Федерации в качестве основного приоритета указано на сбережение народа России, обеспечение качества жизни и благосостояния граждан [1].

Проблема народонаселения и сокращения численности жителей России является актуальной на протяжении четырех веков. В 1761 году М.В. Ломоносовым был отправлен графу И.И. Шувалову трактат-письмо «О сохранении и размножении российского народа», в котором обоснованы меры по сохранению численности населения. М.В. Ломоносов отмечал, что это необходимо, так как в этом «состоит величество, могущество и богатство всего государства, а не в обширности, тщетной без обитателей» [2].

Народосбережение подразумевает комплекс мероприятий по сохранению того населения, которое проживает в настоящее время в России, включая представителей всех социальных групп, независимо от степени их значимости в трудовой и экономической жизни общества и выполняемой социальной роли [3, 4, 5].

Главная цель идеологии народосбережения заключается в «обеспечении современных стандартов материального и духовного благополучия населения, основанном на сбалансированном росте экономики, эффективном государственном управлении и традиционных ценностей» — считает С.И. Луценко, аналитик Института экономических стратегий Отделения общественных наук РАН [6].

Всемирный Русский народный собор разработал программу «Стратегия народосбережения в Российской Федерации на период до 2050 г.» [7], в которое развитие народонаселения напрямую определяет развитие России, ее национальную безопасность и историческую перспективу. Основными целями народосбережения до 2050 года являются: достижение численности населения более 160 млн чел.; достижение суммарного коэффициента рождаемости более 2,1 к 2025 году; достижение ожидаемой продолжительности жизни более 90 лет (к 2030 году — 80 лет).

Для достижения данных целей необходимо создание социально-экономических условий, обеспечивающих устойчивый рост рождаемости, сокращение смертности, увеличение продолжительности жизни, на всех уровнях власти — федеральном, региональном, местного самоуправления.

Программы народосбережения всегда находились в центре социально-экономической политики государства, о чем свидетельствует целый ряд нормативно-правовых актов: Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года [8], Федеральная программа «Дети России, Национальный проект «Демография» [9]; по каждому из указанных документов определены четкие задачи [10].

Основная часть

Несмотря на положительную тенденцию увеличения численности населения Рос-

сийской Федерации в 2010–2020 гг., проблемы размещения населения носят противоречивый характер. Плотность населения велика в г. Москва, Московской области, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах. Однако в целом ряде регионов установлено обезлюдивание сельских территорий. Сокращение численности сельского населения происходит как за счет естественной убыли, так и за счет миграции населения в регионы с лучшими социально-экономическими условиями проживания. Проявляется закономерность влияния развития экономики региона на воспроизводство населения. Увеличение численности населения крупных городов происходит вследствие миграции населения из регионов с нехваткой рабочих мест, снижения уровня диверсификации сельской экономики, трудностей при организации малого и среднего бизнеса, низкого уровня развития социальной инфраструктуры. Все это приводит к старению населения сельских территорий, уменьшению доли населения молодого возраста.

Проблема сохранения и увеличения численности населения особо остро проявилась после распада СССР и последовавших за этим социально-экономических преобразований. На начало 2020 года численность населения РФ составила 146,7 млн чел., в том числе городское население — 109,5 млн чел., сельское — 37,2 млн чел. (табл. 1).

В 2021 году по сравнению с 1990 годом численность населения России сократилась на

Численность населения по федеральным округам РФ на 1 января, тыс. чел. [11]
Population by federal districts of the Russian Federation on January 1, thousand people [11]

Федеральный округ	1990 г.		2010 г.		2020 г.		Темп прироста 2020 г. к 1990 г., %		Темп прироста 2020 г. к 2010 г., %	
	всего	в т. ч. сельское	всего	в т. ч. сельское	всего	в т. ч. сельское	всего	в т. ч. сельское	всего	в т. ч. сельское
РФ в целом	147665	38929	142833	37772	146749	37186	-0,6	-4,5	2,7	-1,6
Центральный	38018	8324	38335	7255	39434	6979	3,7	-16,2	2,9	3,8
Северо-Западный	15310	2726	13604	2277	13982	2108	-8,7	-22,7	2,8	-7,4
Южный	13324	4698	13854	5222	16466	6128	23,6	30,4	18,9	17,3
Северо-Кавказский	7373	3619	9353	4718	9931	4938	34,7	36,4	6,2	4,7
Приволжский	31764	9248	29993	8802	29288	8145	-7,8	-11,9	-2,4	-7,5
Уральский	12725	2469	12087	2446	12361	2272	-2,9	-8,0	2,3	-7,1
Сибирский	21106	5921	19287	5456	17118	4405	-18,9	-25,6	-11,2	-19,2
Дальневосточный	8045	1924	6320	1596	8169	2211	1,5	14,9	29,3	38,5

1,0%. Уменьшение численности населения установлено в Северо-Западном, Приволжском, Уральском, Сибирском федеральных округах соответственно на 8,9%, 8,5%, 3,1%, 19,4%. Сибирский федеральный округ за этот период «потерял» 4102 тыс. чел., Северо-Западный и Приволжский федеральные округа соответственно 1368 и 2693 тыс. чел. За период 1990–2020 гг. увеличилась численность населения в таких федеральных округах как: Центральный – на 3,2%; Южный – на 23,7%; Северо-Кавказский – на 35,2%; Дальневосточный – на 1,0%.

В 2020 году по сравнению с 2010 годом ситуация стабилизировалась в ходе реализации национальных проектов и

программ. Установлено увеличение численности населения как в целом по РФ – 2,3%, так и по отдельным федеральным округам: Центральный – 2,4%, Северо-Западный – 2,5%, Уральский – 2,0%. Наиболее интенсивно возросла численность населения в Дальневосточном, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах (28,5%, 19,0% и 6,6% соответственно). Негативная тенденция сокращения численности населения не остановлена в Приволжском (3,1%) и Сибирском (11,8%) федеральных округах.

В 2021 году по сравнению с 2020 годом численность населения уменьшилась в России на 578 тыс. чел., в том числе в Центральном федеральном округе

на 183 тыс. чел., что составило соответственно 0,4 и 0,5%.

Структура распределения населения в разрезе федеральных округов характеризует его размещение по территории РФ (табл. 2). В 2021 году в двух федеральных округах проживает около половины населения страны: в Центральном федеральном округе – 26,9%, в Приволжском – 19,9%. Удельный вес населения, проживающего в Южном и Сибирском федеральных округах, составил соответственно 11,3 и 11,6%. В общей численности населения России Северо-Западный и Дальневосточный федеральные округа занимают соответственно 9,5% и 5,6%.

За период 1990–2021 гг. в структуре размещения насе-

Таблица 2 (Table 2)

Распределение населения РФ по федеральным округам (в процентах к итогу) [12]
Distribution of the population of the Russian Federation by federal districts (as a percentage of the total) [12]

Федеральный округ	Все население			Сельское население			Плотность населения в 2021 г., чел./км ²
	1990 г.	2010 г.	2021 г.	1990 г.	2010 г.	2021 г.	
РФ	100	100	100	100	100	100	8,8
в том числе:							
Центральный	25,8	26,8	26,9	21,4	19,2	18,7	60,6
Северо-Западный	10,4	9,5	9,5	7,0	6,0	5,7	8,3
Южный	9,0	9,7	11,2	12,1	13,8	16,5	36,8
Северо-Кавказский	5,0	6,6	6,8	9,3	12,5	13,4	58,3
Приволжский	21,5	21,0	19,9	23,8	23,3	21,8	28,2
Уральский	8,6	8,5	8,4	6,3	6,5	6,1	6,8
Сибирский	14,3	13,5	11,6	15,2	14,5	11,8	3,9
Дальневосточный	5,4	4,4	5,6	4,9	4,2	6,0	1,2

ления произошли следующие изменения. Сократилась доля населения, проживающего в Сибирском, Северо-Западном, Приволжском, Уральском федеральных округах соответственно на 2,7; 0,9; 1,6; 0,2 процентных пункта. Значительно увеличился удельный вес населения Центрального, Южного, Северо-Кавказского федеральных округов соответственно на 1,1; 2,3; 1,8 процентных пункта. С 1990 по 2010 год доля населения Дальневосточного федерального округа сокращалась. Однако с 1 февраля 2017 г. начала действовать программа «Дальневосточный гектар», которая позволяет гражданам России бесплатно получить землю в Дальневосточном федеральном округе и в дальнейшем оформить ее в собственность. Это позволило увеличить долю населения округа в численности населения страны до 5,6% в 2021 г.

В Российской Федерации средняя плотность населения составляет в 2021 году 8,8 чел/км². Наиболее высокий уровень плотности населения установлен в Центральном (60,4 чел/км²), Северо-Кавказском (58,5 чел/км²), Южном (36,8 чел/км²) федеральных округах. Ниже среднероссийского уровня уровня плотности населения находится в Северо-Западном (8,3 чел/км²), Уральском (6,8 чел/км²), Сибирском (3,9 чел/км²), Дальневосточном (1,2 чел/км²) федеральных округах.

В 2021 г. по сравнению с 1990 г. численность населения ЦФО, в который входит г. Москва и Московская область увеличилась на 3,2% (табл. 3). Проанализируем, что скрывается за благополучными цифрами темпа роста численности населения в ЦФО. Для этого изучим изменения численности населения регионов, входящих в данный округ. В 2021 году по

сравнению с 1990 годом увеличение численности населения установлено только в двух субъектах РФ: Белгородской (11,0%) и Московской (15,0%) областях. Численность жителей г. Москва возросла на 42,5%.

Сокращение численности населения менее, чем на 10% установлено в Воронежской, Калужской, Липецкой областях. Более чем на 20% уменьшилась численность населения в Ивановской, Костромской, Тамбовской, Тверской, Тульской областях.

За период 2010–2021 гг. тенденция сокращения численности населения сохранилась (за исключением Белгородской и Московской областей, где рост составил 0,6% и 9,7% соответственно). За указанный период наиболее интенсивно сокращалась численность населения в Тамбовской (9,6%), Тверской (на 8,7%), Орловской (8,6%), Брянской (7,8%), Ивановской (7,6%), Владимирской (7,4%),

Таблица 3 (Table 3)

Численность населения по субъектам ЦФО, тыс. чел. [12, 13]
Population by regions of the Central Federal District, thousand people [12, 13]

Субъекты Федерации	1990 г.		2010 г.		2021 г.		Темп роста 2021 г. к 1990 г., %		Темп роста 2021 г. к 2010 г., %	
	всего	в т. ч. сельское	всего	в т. ч. сельское	всего	в т. ч. сельское	всего	в т. ч. сельское	всего	в т. ч. сельское
РФ	147665	38929	142833	37772	146171	36919	99,0	94,8	102,3	97,7
ЦФО	38018	8324	38335	7255	39251	6904	103,2	82,9	102,4	95,2
в том числе область:										
Белгородская	1388	510	1532	522	1541	499	111,0	97,8	100,6	95,6
Брянская	1471	478	1287	399	1183	349	80,4	73,0	91,9	87,5
Владимирская	1657	343	1450	327	1342	293	81,0	85,4	92,6	89,6
Воронежская	2471	965	2335	884	2306	739	93,3	76,6	98,8	83,6
Ивановская	1295	229	1068	205	987	180	76,2	78,8	92,4	87,8
Калужская	1069	323	1015	252	1001	242	93,6	74,9	98,6	96,0
Костромская	805	251	673	205	628	169	78,0	67,3	93,3	82,4
Курская	1333	555	1135	400	1096	344	82,2	62,0	96,6	86,0
Липецкая	1232	460	1177	429	1128	399	91,6	86,7	95,8	93,0
Московская	6700	1362	7024	1391	7708	1412	115,0	103,7	109,7	101,5
Орловская	895	339	793	274	725	241	81,0	71,1	91,4	88,0
Рязанская	1350	466	1162	340	1098	305	81,3	65,5	94,5	89,7
Смоленская	1159	370	993	274	921	258	79,5	69,7	92,7	94,2
Тамбовская	1319	577	1100	456	994	383	75,4	66,4	90,4	84,0
Тверская	1666	478	1365	349	1246	296	74,8	61,9	91,3	84,6
Тульская	1856	347	1564	318	1449	366	78,1	105,5	92,6	115,1
Ярославская	1472	271	1280	230	1241	229	84,3	84,5	97,0	99,6
г. Москва	8880	—	11382	—	12655	199	142,5	—	111,2	—

Тульской (7,4%), Костромской (6,7%), Смоленской (7,3%) областях. Наименьшее сокращение численности населения среди регионов ЦФО установлено в Воронежской (1,2%), Калужской (1,4%), Ярославской (3,0%), Курской (3,4%), Липецкой (4,2%), Рязанской (5,5%), областях.

Если говорить о размещении населения ЦФО по территории, то оно сосредоточено в г. Москва и Московской области, где на 1 км² приходится соответственно 4941 и 174 человека. Самая низкая плотность населения установлена в Костромской (10,4 чел./км²), Тверской (14,8 чел./км²), Смоленской (18,5 чел./км²), Рязанской (27,7 чел./км²), Тамбовской (28,9 чел./км²), Орловской (29,4 чел./км²) областях. В остальных регионах ЦФО плотность населения не превышает средний уровень по федеральному округу (который составляет 60,6 чел./км²).

Значимость сельского хозяйства определяется не только удельным весом его доли в валовом внутреннем продукте и товарной структуре экспорта, но и уровнем развития и сохранения сельских территорий, и сельского населения, проживающих на них. Изучение численности населения России с 1990 г. показало, что самая большая численность городского населения установлена в 1991 г. – 109,3 млн чел., и сельского населения в 1995 г. – 40,1 млн чел.

В 2021 г. в сельской местности проживало 36919 тыс. чел, что составляет 25,3% жителей РФ. В период 1990–2021 гг. численность сельского населения РФ имела устойчивую тенденцию к снижению, ежегодно в среднем на 62,8 тыс. чел.

В 2021 г. по сравнению с 1990 г. численность сельского населения увеличилась в Южном, Северо-Кавказском, Дальневосточном федеральных округах соответственно на 29,9%, 36,5%, 14,2%. Установлено резкое сокращение чис-

ленности сельского населения в таких федеральных округах как: Сибирский (26,2%), Северо-Западный (23,2%), Центральный (17,1%), Приволжский (12,9%), Уральский (8,7%).

Увеличение численности сельского населения в регионах Центрального федерального округа установлено только в Московской (3,7%) и Тульской (5,5 %) областях. Более чем на 30% сократилась численность сельского населения в Костромской, Курской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Тверской областях.

Для эффективного развития агропромышленного комплекса и устойчивого развития сельских территорий разработаны и реализуются: «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг.» [14], Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 гг.» [15], Федеральная целевая программа «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года» [16], «Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года» [17], «Доктрина продовольственной безопасности

Российской Федерации» [18]. Меры, принимаемые Правительством РФ по обеспечению устойчивого развития сельских территорий, смягчили ситуацию, но не изменили тенденцию к сокращению сельского населения страны.

В 2021 г. по сравнению с 1990 г. численность сельского населения увеличилась в Южном, Северо-Кавказском, Дальневосточном федеральных округах на 29,9%, 36,5%, 14,2% соответственно. Установлено резкое сокращение численности сельского населения в таких федеральных округах как: Сибирский (26,2%), Северо-Западный (23,2%), Центральный (17,1%), Приволжский (12,9%), Уральский (8,7%).

Увеличение численности сельского населения в регионах Центрального федерального округа установлено только в Московской (3,7%) и Тульской (5,5 %) областях. Более чем на 30% сократилась численность сельского населения в Костромской, Курской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Тверской областях.

За 1990–2021 гг. в Орловской области коэффициент смертности значительно превышал коэффициент рождаемости, что привело к естественной убыли населения области (рис. 1). Следует от-

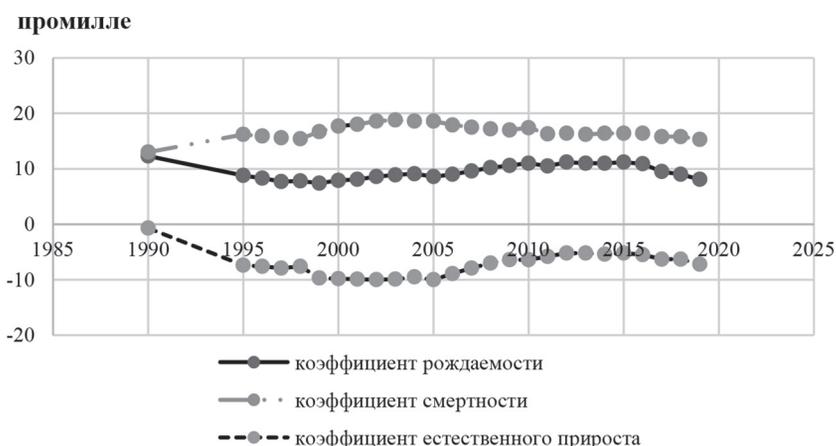


Рис. 1. Динамика коэффициентов рождаемости, смертности и естественного прироста в Орловской области за 1990 – 2020 гг. [19]
 Fig. 1. Dynamics of birth rates, death rates and natural increase in the Orel region for 1990–2020 [19]

Таблица 4 (Table 4)

**Группировка районов Орловской области по плотности населения
в 2021 г. [20]**

Grouping of districts of the Orel region by population density in 2021 [20]

Группы районов по числу жителей на 1 км ²	Число районов	Среднее число жителей на 1 км ²	Доля группы в общем итоге, %	
			площади	населения
до 10	9	7,9	33,0	19,0
от 11 до 15	10	11,0	42,9	37,1
свыше 16	5	25,2	24,1	43,9
Итого (в среднем)	24	13,8	100,0	100,0

метить, что за изучаемый период в Орловской области коэффициенты рождаемости были ниже одноименного показателя по Российской Федерации, а коэффициенты смертности выше. На уровень рождаемости в Орловской области отрицательно влияют: низкий денежный доход многих семей, отсутствие нормальных жилищных условий, современная структура семьи (малодетность, не полные семьи). Низкий уровень рождаемости ведет к демографическому старению населения.

Территория Орловской области составляет 24,7 тыс. км² по состоянию на 1 января 2021 года в области проживает 724,7 тыс. чел. Плотность населения при этом равна 29,4 чел./км². Наиболее густонаселенными являются такие территориальные

образования как: г. Орел (2505,7 чел./км²), г. Ливны (1464,8 чел./км²), г. Мценск (1739,4 чел./км²), в которых проживает 53,4% всего населения региона. В состав Орловской области входит 24 административных района. Результаты группировки районов по плотности населения представлены в табл. 4.

Средняя плотность населения в районах области составила 13,8 чел./км². Одна треть территорий (33%) является малонаселенной, так как на 1 км² проживает в среднем 7,9 жителей (при этом в Знаменском и Корсаковском районах плотность населения составляет всего 5,4 и 5,6 чел./км²). В следующую группу вошли 10 районов, которые занимают 42% территории региона и в которых проживает 37,1% населения, средняя плотность на-

селения составляет 11,0 чел./км². Все это доказывает факт обезлюдивания территорий, находящихся в центре РФ (это, прежде всего, относится к сельским территориям).

Численность сельского населения Орловской области имеет устойчивую тенденцию к снижению. Основными факторами этого состояния являются естественные и миграционные процессы (табл. 5).

В 2021 году численность населения Орловской области уменьшилась на 6872 чел. За счет естественной убыли на 8697 чел. За период 2010–2020 гг. численность населения сократилась на 66554 чел., как за счет естественной убыли на 52707 чел., так и за счет миграции населения на 13847 чел. За изучаемый период сельское население уменьшилось на 31361 чел., в том числе естественная убыль составила 21227 чел. Отток населения из сельских территорий составил 10137 чел. Однако в 2019 и 2020 гг. отмечено положительное сальдо миграции, соответственно 252 и 333 чел.

В возрастной структуре сельского населения Орловской области в 2020 г. по сравнению с 2010 годом увеличилась доля населения моложе

Таблица 5 (Table 5)

Динамика численности населения (в том числе сельского) Орловской области на 1 января за счет отдельных факторов, чел. [19]

Dynamics of the population (including rural) of the Orel region on January 1 due to individual factors, people [19]

Годы	Абсолютная убыль численности населения			Абсолютная убыль численности сельского населения		
	общая убыль	в том числе:		общая убыль	в том числе:	
		естественная убыль	миграционный прирост (убыль)		естественная убыль	миграционный прирост (убыль)
2001	-6872	-8697	1825	-3753	-4789	1036
2010	-5756	-5037	-719	-1576	-2262	686
2011	-4311	-4564	253	-3458	-1822	-1636
2012	-5455	-4039	-1416	-2382	-1317	-1065
2013	-5846	-4025	-1821	-2844	-1458	-1386
2014	-4749	-4162	-587	-4608	-1608	-3000
2015	-5510	-3911	-1599	-3925	-1881	-2044
2016	-4905	-4174	-731	-2688	-1891	-797
2017	-7569	-4723	-2846	-2832	-1928	-904
2018	-7780	-5065	-2715	-2743	-2170	-573
2019	-5969	-5340	-629	-1897	-2149	-252
2020	-8704	-7667	-1937	-2408	-2741	353

Показатели народосбережения в регионах ЦФО в 2020 г. [13]
Indexes of saving people in the regions of the Central Federal District in 2020 [13]

Показатели	Максимальное значение		Минимальное значение		РФ в целом
	регион	уровень	регион	уровень	
1. Темп роста численности населения в 2020 г. к 2010 г., %	г. Москва Московская обл. Белгородская обл.	111,2 109,7 100,6	Тамбовская обл. Тверская обл. Орловская обл. Брянская обл. Ивановская обл.	90,4 91,3 91,4 91,9 92,4	102,3
2. Коэффициент естественного прироста населения, промилле	Тульская обл. Владимирская обл. Орловская обл. Тверская обл. Тамбовская обл.	-11,3 -10,8 -10,5 -10,5 -10,4	г. Москва Московская обл. Белгородская обл. Костромская обл. Воронежская обл. Калужская обл.	-2,0 -4,2 -7,6 -8,2 -8,3 -8,3	-4,8
3. Суммарный коэффициент рождаемости, число детей на 1 женщину	Московская обл. Калужская обл. г. Москва Костромская обл. Липецкая обл.	1,534 1,479 1,473 1,464 1,383	Смоленская обл. Белгородская обл. Ивановская обл. Тульская обл. Орловская обл.	1,158 1,238 1,239 1,249 1,272	1,505
4. Общий коэффициент рождаемости, промилле	Московская обл. г. Москва Калужская обл. Костромская обл. Ярославская обл.	10,3 9,9 9,0 8,5 8,5	Смоленская обл. Тамбовская обл. Тульская обл. Владимирская обл. Ивановская обл.	7,0 7,4 7,4 7,5 7,6	9,8
5. Общий коэффициент смертности, промилле	Тульская обл. Тверская обл. Орловская обл. Владимирская обл. Рязанская обл.	18,7 18,5 18,4 18,3 18,1	г. Москва Московская обл. Белгородская обл. Воронежская обл. Костромская обл.	11,9 14,5 15,6 16,5 16,7	14,6
6. Смертность населения на 100 тыс. чел. старше трудоспособного возраста	Орловская обл. Липецкая обл. Тверская обл. Владимирская обл. Тульская обл.	5092 5073 5070 5016 4990	г. Москва Смоленская обл. Московская обл. Белгородская обл. Воронежская обл.	3555 4650 4712 4747 4694	4557
7. Смертность населения на 100 тыс. чел. трудоспособного возраста	Тверская обл. Владимирская обл. Смоленская обл. Тульская обл. Брянская обл.	693 679 671 666 659	г. Москва Белгородская обл. Московская обл. Воронежская обл. Костромская обл.	374 500 533 558 581	548
8. Младенческая смертность, промилле	Костромская обл. Владимирская обл. Смоленская обл. Тульская обл. Орловская обл.	7,7 6,0 5,9 5,9 5,7	Калужская обл. Московская обл. Тамбовская обл. г. Москва Ярославская обл.	3,1 3,2 3,2 3,5 3,7	4,5
9. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, число лет	г. Москва Белгородская обл. Воронежская обл. Тамбовская обл. Московская обл.	76,20 72,37 71,91 71,78 71,67	Тверская обл. Владимирская обл. Тульская обл. Орловская обл. Смоленская обл.	69,76 70,03 70,20 70,10 70,10	71,54
10. Заболеваемость на 1000 чел. населения	Орловская обл. Владимирская обл. Калужская обл. Ивановская обл. Тверская обл.	1034,4 932,9 844,5 835,5 822,9	Курская обл. Воронежская обл. Тамбовская обл. г. Москва Липецкая обл.	497,8 531,9 624,9 632,6 643,6	759,9
11. Коэффициент миграционного прироста на 10000 чел. населения	Калужская обл. Московская обл. Белгородская обл. Курская обл. Рязанская обл. Брянская обл.	68 66 25 25 7 7	Смоленская обл. Тамбовская обл. Орловская обл. Владимирская обл. Тверская обл.	-47 -19 -16 -13 -13	9

трудоспособного возраста на 1,0 и старше трудоспособного возраста на 3,6 процентных пункта. К сожалению, сокращается доля трудоспособного

населения на 5,2 процентных пункта, в связи с чем увеличиваются коэффициенты демографической нагрузки (на 1000 человек) трудоспособного

возраста лиц нетрудоспособных возрастов: 2010 г. – 677, 2015 г. – 795, 2020 г. – 839.

Дифференцированность мер в зависимости от особен-

ностей ситуации в сфере народосбережения в областях ЦФО требует изучения системы показателей, представленных в табл. 6.

В 2020 году по сравнению с 2010 годом прирост численности населения наблюдался только в г. Москва, Московской и Белгородской областях.

В 2020 году установлено во всех регионах ЦФО уменьшение коэффициента естественного прироста населения. Минимальные уровни коэффициента естественного снижения наблюдаются (в промилле): г. Москва (-2,0), Московская обл. (-4,2), Белгородская обл. (-7,6). Максимальные уровни естественного снижения установлены (в промилле): в Тульской обл. (-11,3), Владимирской обл. (-10,8), Орловской и Тверской областях (-10,5), Тамбовской обл. (-10,4).

Уменьшение населения за счет естественных факторов обусловлено превышением общего коэффициента смертности над общим коэффициентом рождаемости. Самые низкие уровни коэффициента рождаемости наблюдаются (в промилле) в Смоленской обл. (7,0), в Тамбовской и Тульской областях (7,4), Владимирской (7,5) и Ивановской (7,6) областях.

Важным показателем народосбережения выступает суммарный коэффициент рождаемости. Самый низкий уровень этого показателя наблюдается в 2020 году в Смоленской, Белгородской, Ивановской Тульской и Орловской областях.

Общий коэффициент смертности более 18 промилле установлен в Тульской, Тверской, орловской, Владимирской, Рязанской областях. Младенческая смертность составила в костромской области 7,7; Владимирской обл. – 6,0; Смоленской и Тульской областях – 5,9 промилле (по сравнению с 3,9 промилле в среднем по ЦФО).

Ожидаемая продолжительность жизни при рождении,

как наиболее адекватный обобщающая характеристика смертности, составила в среднем по ЦФО 72,57 лет; при этом в ряде регионов данный показатель ниже указанного среднего уровня: в Тверской обл. – 69,76 лет; во Владимирской обл. – 70,03 лет; Орловской и Смоленской областях – 70,10 лет.

Высокая смертность, низкая продолжительность жизни коррелирует с показателем заболеваемости на 1000 человек населения. По уровню этого показателя лидируют области: Орловская (1034), Владимирская (932), Калужская (844), Ивановская (836), Тверская (823), Ярославская (819) области.

Коэффициент интенсивности миграции общий (коэффициент миграционного прироста) характеризует частоту случаев перемены места жительства в совокупности населения за данный период времени. В 2020 году наибольший коэффициент миграционного прироста на 10000 человек населения установлен в областях: Калужской (68), Московской (66), Белгородской и Курской – 25, Рязанской и Брянской – 7. Активно продолжается отток населения из Смоленской, Тамбовской, орловской, Владимирской и Тверской областях.

Заключение

Таким образом, по итогам проведенного нами исследования заключаем следующее.

1. В 2021 г. численность населения России не достигла уровня 1990 г.; установлено увеличение численности в федеральных округах: Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Дальневосточном. Однако, сильное сокращение численности населения в Северо-Западном, Приволжском, Сибирском, Уральском федеральных округах привело к уменьшению численности населения страны.

2. В 2021 г. по сравнению с 1990 г. установлено перемещение населения в районы с более благоприятными по климатическим условиям проживания и уровню социально-экономического развития: в Центральный (г. Москва и Московская области) Южный, Северо-Кавказский федеральные округа. Слабо заселёнными являются территории Северо-Западного, Уральского, Сибирского, Дальневосточного федеральных округов, где плотность населения составляет соответственно 8,3; 6,8; 3,9; 1,2 чел./км², что определяет проблемы их организации и эффективного использования.

3. Численность сельского населения имеет тенденцию к снижению в целом по РФ, федеральным округам (за исключением Южного, Северо-Кавказского, Дальневосточного), муниципальным образованиям за счет роста городского населения, естественной убыли и миграции населения. Это приводит к тому, что обширные сельские территории являются малонаселенными.

4. Исследование численности населения в областях Центрального федерального округа показало, что за период 1990–2021 гг. сокращение численности населения установлено во всех субъектах ЦФО (кроме Белгородской, Московской областях и г. Москва). В 2021 г. по сравнению с 1990 г. численность населения г. Москва увеличилась на 42,5%. За период 2010–2021 гг. ситуация не изменилась в регионах ЦФО. Наиболее быстрыми темпами уменьшается сельское население: коэффициенты смертности значительно превышают коэффициенты рождаемости в сельской местности, сокращается доля трудоспособного населения, увеличивается доля населения старше трудоспособного возраста.

5. Установлено, что проблема народосбережения является

актуальной и требует разработки эффективной системы управления качеством жизни населения и регулирования демографических процессов в областях Центрального федерального округа: Владимирской, Тверской, Орловской, Смоленской, Тульской, Ивановской; в которых уменьшение численности населения связано с естественными фак-

торами: уровень смертности значительно превышает уровень рождаемости.

6. Следует разработать региональные программы по совершенствованию организации здравоохранения в областях: Владимирской, Калужской, Ивановской, Орловской, Тверской, Ярославской.

7. В целях управления миграционными процессами,

снижения дефицита рабочей силы в соответствии с потребностями экономики региона, создание рабочих мест и условий развития малого и среднего бизнеса, повышение качества жизни населения разработать соответствующие программы в областях: Владимирской, Орловской, Смоленской, Тамбовской, Тверской.

Литература

1. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/61a97f7ab0f2f3757fe034d11011c763bc2e593f/. (Дата обращения: 22.06.2022).

2. Ломоносов М.В. О сохранении и размножении русского народа // Полное собрание сочинений. Труды по русской истории, общественно-экономическим вопросам и географии. Москва – Ленинград: Академия наук СССР, 1952. Т. 6. С. 381–403.

3. Потапова О.Н. Обоснование концепции народосбережения России [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://potan.socionet.ru/files/concept.doc>. (Дата обращения: 22.06.2022).

4. Семенова И.Ю. Народосбережение как фактор социальной политики в условиях укрепления российской государственности // *Oeconomia et Jus*. 2018. № 2. С. 49–54. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://oecomia-et-jus.ru/single/2018/2>. (Дата обращения: 22.06.2022).

5. Гуляева Т.А., Такмакова Е.В. Оценка уровня жизни населения регионов России на основе применения кластерного анализа // *Экономический анализ: теория и практика*. 2021. № 5. С. 810–828.

6. Луценко С.И. Концепция народосбережения – необходимость для технологического прорыва России [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://digital-economy.ru/images/easyblog_articles/545/psave2323.pdf?ysclid=15hvpcn5817744397. (Дата обращения: 22.06.2022).

7. Стратегия народосбережения в Российской Федерации на период до 2050 года. Одобрена решением Координационного совета при Общественной палате РФ по национальным проектам и народосбережению от 24 марта 2021 г. №АГ/9-КС [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://files.oprf.ru/storage/image_store/strategiya_narodosberezheniya.pdf. (Дата обращения: 22.06.2022).

8. Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025

года (утв. Указом Президента РФ от 09 октября 2007 г. №1351) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/191961/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>. (Дата обращения: 22.06.2022).

9. Национальный проект «Демография» на 2019 – 2024 гг. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/demography>. (Дата обращения: 22.06.2022).

10. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/. (Дата обращения: 22.06.2022).

11. Российский статистический ежегодник 2021 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://gks.ru/bgd/regl/b21_13/Main.htm. (Дата обращения: 22.06.2022).

12. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации 2021 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://gks.ru/bgd/regl/b21_14s/Main.htm. (Дата обращения: 22.06.2022).

13. Регионы России. Социально-экономические показатели 2021 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://gks.ru/bgd/regl/b21_14p/Main.htm. (Дата обращения: 22.06.2022).

14. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг.» (утв. Постановлением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. №717) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/70210644/?ysclid=15hxhrp1sm896434079>. (Дата обращения: 22.06.2022).

15. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 гг.» (утв. Указом Президента РФ от 21 июля 2016 г. №350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства») [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/71450102/?ysclid=15hxjc4u80235158284>. (Дата обращения: 22.06.2022).

16. Федеральная целевая программа «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–

2017 годы и на период до 2020 года» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/499034090?ysclid=15hxlgo16u669086708>. (Дата обращения: 22.06.2022).

17. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 02.02.2015 №151-р (ред. от 13.01.2017) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_174933/. (Дата обращения: 22.06.2022).

18. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. №20) [Элек-

трон. ресурс]. Режим доступа: https://base.garant.ru/73438425/#block_1000. (Дата обращения: 22.06.2022).

19. Орловская область в цифрах 2010, 2015, 2018–2020 гг. Краткий статистический сборник [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [https://orel.gks.ru/storage/mediabank/Орловская%20область%20в%20цифрах.%202010,%202015,%202019-2021%20гг\(1\).pdf](https://orel.gks.ru/storage/mediabank/Орловская%20область%20в%20цифрах.%202010,%202015,%202019-2021%20гг(1).pdf). (Дата обращения: 22.06.2022).

20. Численность населения по муниципальным образованиям [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>. (Дата обращения: 22.06.2022).

References

1. National Security Strategy of the Russian Federation (approved by Decree of the President of the Russian Federation of July 2, 2021 No. 400 [Internet]. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/61a97f7ab0f2f3757fe034d11011c763bc2e593f/. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

2. Lomonosov M.V. On the Preservation and Reproduction of the Russian People. *Polnoye sobraniye sochineniy. Trudy po russkoy istorii, obshchestvenno-ekonomicheskim voprosam i geografii* = Complete Works. Proceedings on Russian history, socio-economic issues and geography. Moscow - Leningrad: Academy of Sciences of the USSR; 1952; 6: 381-403. (In Russ.)

3. Potapova O.N. Obosnovaniye kontseptsii narodosberezheniya Rossii = Substantiation of the concept of people saving in Russia [Internet]. Available from: <http://potan.socionet.ru/files/concept.doc>. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

4. Semenova I.YU. Conservation of people as a factor of social policy in the context of the strengthening of Russian statehood. *Oeconomia et Jus*. 2018; 2: 49-54. [Internet]. Available from: <http://oecomia-et-jus.ru/single/2018/2>. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

5. Gulyayeva T.A., Takmakova Ye.V. Assessment of the standard of living of the population of Russian regions based on the use of cluster analysis. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika* = Economic analysis: theory and practice. 2021; 5: 810-828. (In Russ.)

6. Lutsenko S.I. Kontseptsiya narodosberezheniya – neobkhodimost' dlya tekhnologicheskogo proryva Rossii = The concept of saving people is a necessity for Russia's technological breakthrough [Internet]. Available from: http://digital-economy.ru/images/easyblog_articles/545/psave2323.pdf?ysclid=15hvpn5817744397. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

7. Strategy for saving people in the Russian Federation for the period up to 2050. Approved by the decision of the Coordinating Council under

the Civic Chamber of the Russian Federation on National Projects and Saving People dated March 24, 2021 No. AG / 9-KS [Internet]. Available from: https://files.oprf.ru/storage/image_store/strategiya_narodosberezheniya.pdf. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

8. The concept of the demographic policy of the Russian Federation for the period up to 2025 (approved by Decree of the President of the Russian Federation of October 09, 2007 No. 1351) [Internet]. Available from: <https://base.garant.ru/191961/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

9. Natsional'nyy proyekt «Demografiya» na 2019–2024 gg = National project «Demography» for 2019–2024 [Internet]. Available from: <https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/demography>. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

10. Prognoz dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda = Forecast of the long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2030 [Internet]. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

11. Rossiyskiy statisticheskiy yezhegodnik 2021 = Russian Statistical Yearbook 2021 [Internet]. Available from: https://gks.ru/bgd/regl/b21_13/Main.htm. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

12. Regiony Rossii. Osnovnyye kharakteristiki sub'yektov Rossiyskoy Federatsii 2021 = Regions of Russia. The main characteristics of the constituent entities of the Russian Federation 2021 [Internet]. Available from: https://gks.ru/bgd/regl/b21_14s/Main.htm. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

13. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskiye pokazateli 2021 = Regions of Russia. Socio-economic indicators 2021 [Internet]. Available from: https://gks.ru/bgd/regl/b21_14p/Main.htm. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

14. State Program for the Development of Agriculture and the Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials and Food for

2013–2020.” (approved by Decree of the Government of the Russian Federation of July 14, 2012 No. 717) [Internet]. Available from: <https://base.garant.ru/70210644/?ysclid=15hxhrp1sm896434079>. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

15. Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017–2025. (approved by the Decree of the President of the Russian Federation of July 21, 2016 No. 350 «On measures to implement the state scientific and technical policy in the interests of the development of agriculture») [Internet]. Available from: <https://base.garant.ru/71450102/?ysclid=15hxjc4u80235158284>. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

16. Federal target program «Sustainable development of rural areas for 2014–2017 and for the period up to 2020» [Internet]. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/499034090?ysclid=15hxlgo16u669086708>. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

17. Strategy for sustainable development of rural areas of the Russian Federation for the period up to 2030 (approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated February 2, 2015 No. 151-r (as amended on January 13, 2017)

[Internet]. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_174933/. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

18. Doktrina prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii (utv. Ukazom Prezidenta RF ot 21 yanvarya 2020 g. №20) = Doctrine of food security of the Russian Federation (approved by Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020 No. 20) [Internet]. Available from: https://base.garant.ru/73438425/#block_1000. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

19. Orlovskaya oblast' v tsifrah 2010, 2015, 2018–2020 gg. Kratkiy statisticheskiy sbornik = Oryol region in figures 2010, 2015, 2018–2020 Brief statistical collection [Internet]. Available from: [https://orel.gks.ru/storage/mediabank/Orlovskaya%20oblast'%20v%20tsifrah.%202010,%202015,%202019-2021%20gg\(1\).pdf](https://orel.gks.ru/storage/mediabank/Orlovskaya%20oblast'%20v%20tsifrah.%202010,%202015,%202019-2021%20gg(1).pdf). (cited 22.06.2022). (In Russ.)

20. Chislennost' naseleniya po munitsipal'nym obrazovaniyam = Population by municipalities [Internet]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>. (cited 22.06.2022). (In Russ.)

Сведения об авторах

Татьяна Ивановна Гуляева

Д.э.н., профессор, профессор кафедры бухгалтерского учета и статистики Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орёл, Россия
Эл. почта: 709tat@mail.ru

Елена Валерьевна Такмакова

Д.э.н., доцент, доцент кафедры инноватики и прикладной экономики Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орёл, Россия
Эл. почта: takmakovae@mail.ru

Матвей Алексеевич Козявин

Студент
Российский государственный университет правосудия, Москва, Россия

Владимир Иванович Савкин

Д.э.н., доцент, директор института развития сельских территорий и дополнительного образования Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, Орёл, Россия
Эл. почта: v.i.savkin@mail.ru

Information about the authors

Tatiana I. Gulyaeva

Dr. Sci. (Economics), Professor, Professor of Accounting and Statistics Department Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia
E-mail: 709tat@mail.ru

Elena V. Takmakova

Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Innovation and Applied Economics Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia
E-mail: takmakovae@mail.ru

Matvey A. Kozyavin

Student,
Russian State University of Justice, Moscow, Russia

Vladimir I. Savkin

Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Director of the Institute of Rural Development and Additional Education Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia
E-mail: v.i.savkin@mail.ru

Анализ состояния туристской отрасли в России и направления ее развития

Цель исследования. Цель работы состоит в оценке состояния туристской отрасли с использованием статистических методов, анализа научной литературы и выявлении основных тенденций и перспективных направлений ее развития. Статья посвящена возможностям статистического анализа в условиях ограниченности статистической информации по России в отношении индустрии туризма.

Материалы и методы. В статье использованы следующие научные методы: анализ научной литературы, анализ динамики и структуры, коэффициентный анализ, корреляционный и регрессионный анализ, графический анализ, прогнозирование показателей туристской отрасли. Анализ российской и зарубежной литературы позволил сформулировать выводы о современных методиках анализа, используемых для оценки проблем туристской индустрии. Анализ показателей в динамике позволил выявить и описать основные тенденции развития туристских потоков, объемов и стоимости реализации туристских пакетов. Рассчитанная структура коллективных средств размещения показала их процентное соотношение в течение исследуемого периода и изменение их долей. Использование корреляционного анализа позволило установить тесноту и направление статистических связей между отдельными факторами, оказывающими влияние на состояние отрасли и объемами туристских поездок. Построена модель множественной регрессии, основанная на показателях, характеризующих динамику цен на реализуемые туры, состояние транспортной сферы и сферы питания методологии. На основе методики Бокса – Дженкинса построены прогнозные модели и посчитаны среднесрочные прогнозы по переменным, характеризующим количество туристских фирм и количество санаторно-курортных организаций и организаций отдыха. Исходными данными для исследования послужили данные Росстата в годовом и в пространственном измерении за период 2011–2020 гг.

Результаты. В статье выделены основные направления исследований в области туристской индустрии, представленные в трудах отечественных и зарубежных авторов. Зарубежный подход к ее оценке осуществляется через доказательные методы. Исследования отечественных авторов в большей степени сконцентрированы на реализации программно-целевых методов и выявлении проблем оценки и перспектив развития отрасли в РФ. Анализ динамики въездных и выездных туристских поездок показал тен-

денцию снижения их общего количества, которая обусловлена низким уровнем туристической привлекательности, шоками и ограничительными мерами, вызванными пандемией SARS-CoV-2, напряженной внешнеполитической обстановкой. Установлено, что наиболее активные внешние турпотоки РФ наблюдаются со странами ближнего зарубежья. Корреляционный анализ показал наличие статистической связи количества совершаемых турпоездов с состоянием транспортной инфраструктуры стоимостью реализуемых турпакетов. Установлена тенденция роста реализации турпакетов по российским направлениям и сокращение их числа по зарубежным направлениям, которая обусловлена увеличением диспропорции между средней стоимостью турпакетов в зависимости от направления отдыха. Проведенная процедура регрессионного анализа показала взаимосвязи между числом реализованных гражданам РФ турпакетов с переменными «средняя стоимость реализуемых турпакетов» и «парк воздушных судов», что указывает на необходимость развития транспортной инфраструктуры и оптимизации стоимости отдыха. Прогнозные расчеты по количеству турфирм и санаторно-курортных организаций показали их снижение в среднесрочной перспективе, что указывает на необходимость принятия соответствующих мер активизации туристского предпринимательства.

Заключение. На основании результатов проведенного статистического анализа, анализа научной литературы и содержания программ развития туризма в РФ, авторами обозначены общие проблемы и направления развития отрасли. Основные проблемы отрасли состоят в: слабой туристической привлекательности, недостаточной развитости туристской и транспортной инфраструктуры, недостатке средств размещения ориентированных на массового туриста, низком качеством внутренних услуг размещения, высокой стоимости зарубежных туров. Приоритетные направления развития отечественного туристического бизнеса связаны с: внедрением современных цифровых технологий, активной рекламой внутреннего туризма, оптимизацией издержек предприятий туристской индустрии, активизацией господдержки в сложных экономических условиях.

Ключевые слова: туризм, статистический анализ, многофакторная регрессия, прогноз, переменные, корреляционный анализ, состояние туристской отрасли.

Polina G. Nikolenko¹, Andrey M. Terekhov²

¹ Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Knyaginino, Russia

² Russian State University of Justice (Privolzhsky Branch), Nizhny Novgorod, Russia

Analysis of The State of The Tourism Industry in Russia and The Direction of Its Development

The purpose of the study. The purpose of the work is to assess the state of the tourism industry using statistical methods, analysis of scientific literature and identification of the main trends and promising directions of its development. The article is devoted to the possibilities of statistical analysis in the conditions of limited statistical information on Russia in relation to the tourism industry.

Materials and methods. The following scientific methods are used in the article: analysis of scientific literature, analysis of dynamics and

structure, coefficient analysis, correlation and regression analysis, graphical analysis, forecasting of indexes of the tourism industry. The analysis of Russian and foreign literature allowed us to formulate conclusions about modern methods of analysis used to assess the problems of the tourism industry. The analysis of the indexes in dynamics made it possible to identify and describe the main trends in the development of tourist flows, the volume and cost of selling tourist packages. The calculated structure of collective accommodation facilities

showed their percentage ratio during the study period and the change in their shares. The use of correlation analysis made it possible to establish the closeness and direction of statistical relationships between individual factors affecting the state of the industry and the volume of tourist trips. A multiple regression model based on indexes characterizing the dynamics of prices for tours sold, the state of the transport sector and the food sector methodology is created. Based on the Box–Jenkins methodology, predictive models were created and medium-term forecasts were calculated for variables characterizing the number of tourist firms and the number of sanatorium–resort organizations and recreation organizations. The initial data for the study were Rosstat data in annual and spatial dimensions for the period 2011–2020.

Results. The article highlights the main directions of research in the field of tourism industry, presented in the works of domestic and foreign authors. The foreign approach to its assessment is carried out through evidence-based methods. The research of domestic authors is more focused on the implementation of program-targeted methods and the identification of problems of assessment and prospects for the development of the industry in the Russian Federation. The analysis of the dynamics of inbound and outbound tourist trips showed a tendency to decrease their total number, which is due to the low level of tourist attractiveness, shocks and restrictive measures caused by the SARS-CoV-2 pandemic, the tense foreign policy situation. It is established that the most active external tourist flows of the Russian Federation are observed with neighboring countries. Correlation analysis showed the presence of a statistical relationship between the number of trips made with the state of the transport infrastructure and the cost of the tour packages sold. The trend of growth in the implementation of tour

packages in Russian destinations and a reduction in their number in foreign destinations, which is due to an increase in the disparity between the average cost of tour packages depending on the destination of the holiday, is established. The carried out regression analysis procedure showed the relationship between the number of tourist packages sold to citizens of the Russian Federation with the variables “average cost of sold tourist packages” and “fleet of aircraft”, which indicates the need to develop transport infrastructure and optimize the cost of recreation. Forecast calculations on the number of travel agencies and sanatorium–resort organizations have shown their decline in the medium term, which indicates the need to take appropriate measures to activate tourism entrepreneurship.

Conclusion. Based on the results of the statistical analysis, the analysis of scientific literature and the content of tourism development programs in the Russian Federation, the authors identified common problems and directions of development of the industry. The main problems of the industry are the following: weak tourist attractiveness, insufficient development of tourist and transport infrastructure, lack of accommodation facilities aimed at mass tourists, low quality of domestic accommodation services, and high cost of foreign tours. The priority directions of the development of the domestic tourism business are related to: the introduction of modern digital technologies, active advertising of domestic tourism, optimization of the costs of tourism industry enterprises, activation of state support in difficult economic conditions.

Keywords: tourism, statistical analysis, multivariate regression, forecast, variables, correlation analysis, the state of the tourism industry.

Введение

Отрасль туризма является перспективной с точки зрения развития экономики, как отдельного региона, так и целой страны. Россия обладает огромным потенциалом для предоставления качественных туристских услуг всем категориям пользователей и по всем направлениям: санаторно-курортный, лечебно-оздоровительный, спортивный, познавательный, деловой, религиозный, образовательный, экологический туризм и т.д. Ввиду наличия огромной территории, контрастного рельефа и климата, обилия экологически-чистых зон отдыха развитие туристской отрасли представляется актуальным направлением развития предпринимательства в нашей стране.

В структуре ВВП России за последние годы доля туризма составляет $\approx 4\%$, тогда как вклад туризма в мировой ВВП составляет более 10% . Переориентация структуры доходов государства, в том числе уход от сырьевой зависимости и расширение рынка туристских услуг будет способствовать повышению устойчивости отечествен-

ной экономики. Развитие внутреннего туризма снизит отток капитала из страны, позволит перенаправить эти средства на развитие инфраструктуры, социальные и экономические программы. Таким образом, одним из стратегических направлений повышения эффективности российской экономики является увеличение вклада туризма в ВВП страны, которое невозможно реализовать без выявления неиспользуемых резервов роста. Именно аналитические инструменты являются базой для определения таких резервов.

Задачи исследования состоят в анализе состояния туристской отрасли, выявлении основных тенденций и перспективных направлений ее развития.

Научная новизна исследования состоит в комплексном рассмотрении имеющихся как в отечественной, так и в зарубежной практике методических подходов к экономическому и статистическому исследованию состояния индустрии туризма, критической их оценке, предложении направлений развития отрасли.

Практическая значимость проведенного исследования

заключается в возможности использования результатов анализа для оценки состояния сферы туристских услуг. Сформулированные выводы и полученные прогнозы могут послужить основой для формирования стратегии развития отрасли.

В качестве показателей, характеризующих состояние туристской отрасли, рассмотрены количественные данные Росстата, характеризующие: объемы и направления въездных и выездных туристских поездок через территорию РФ, стоимость реализации турпакетов, число зарегистрированных на территории страны туристских фирм и санаторно-курортных организаций и организаций отдыха. С использованием методов статистического анализа проведен анализ данных, сделаны выводы о состоянии туристской отрасли, обозначены перспективные направления развития.

Материалы и методы

Материалами для исследования послужили: научные труды отечественных и зарубежных авторов, нормативные документы,

статистические данные Росстата за 2010–2020 годы по РФ. В процессе исследования использованы следующие научные методы: анализ научной литературы, анализ динамики и структуры, коэффициентный анализ, корреляционный и регрессионный анализ, графический анализ, прогнозирование показателей туристской отрасли.

В статье кратко рассмотрены мнения отечественных и зарубежных авторов по вопросам анализа состояния туристской отрасли. На основе анализа литературы сделаны выводы о современных методиках анализа, позволяющих охарактеризовать состояние отрасли. Анализ статистических показателей в динамике позволил выявить и описать основные тенденции развития туристских потоков, объемов и стоимости реализации туристских пакетов. Рассчитанная структура коллективных средств размещения показала их процентное соотношение в течение исследуемого периода и изменение их долей. Расчет коэффициентов соотношения произведен для характеристики соотношения между отдельными частями статистической совокупности, показал, во сколько раз сравниваемая часть совокупности больше или меньше части, принятой базу сравнения.

В исследовании задействован метод корреляционного анализа (рассчитан коэффициент корреляции Пирсона), который показал тесноту и направление статистических связей между отдельными факторами, оказывающими влияние на состояние отрасли и объемами туристских поездок. Формула расчета коэффициента корреляции имеет следующий вид:

$$r_{xy} = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где:

– r_{xy} – значение коэффициента корреляции;

– x_i – значения, принимаемые переменной X ;

– y_i – значения, принимаемые переменной Y ;

– \bar{x} и \bar{y} – средние арифметические значения выборок по X и по Y , соответственно.

Важным инструментом оценки отношений между переменными в исследовании послужил регрессионный анализ. На основе метода наименьших квадратов построена линейная модель множественной регрессии, уравнение которой имеет следующий вид:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 \times X_1 + a_2 \times X_2 + \dots + a_k \times X_k + e, \quad (2)$$

где:

– \hat{Y} – зависимая переменная;

– X_1, X_2, \dots, X_k – независимые переменные;

– a_0, a_1, \dots, a_k – параметры модели (коэффициенты регрессии);

– e – случайная величина (остаток).

Сформулированное в процессе исследования уравнение регрессии показывает, насколько в среднем изменяется величина объемов реализации гражданам РФ турпакетов при изменении факторных признаков.

Для построения прогнозных моделей использована методология Бокса – Дженкинса, метод максимального правдоподобия. Динамические ряды предварительно были проанализированы на стационарность (графический метод), на основе анализа коррелограмм автокорреляционной и частной автокорреляционной функций была выбрана оптимальная форма моделей: ARMA (1,1) и ARMA (1,0). При построении различных вариаций ARIMA (p,d,q) так же оценивались значения информационных критериев, которые подтвердили актуальность ранее выбранных форм.1,

Общий вид модели ARMA (p, q) определяется следующим уравнением:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

где:

– y_t – значение переменной y в периоде времени t ;

– $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p, \beta_1, \beta_2, \beta_q$ – коэффициенты модели;

– p – порядок авторегрессии;

– q – порядок скользящего среднего;

– ε_t – остаточный член ошибки.

Качество полученных моделей подтверждено тестами на статистическую значимость. Для моделирования использовано приложение Gretl (версия – 2022a), для расчета показателей и построения графиков – MS Excell.

Результаты и обсуждение

Мнения иностранных авторов относительно вопросов оживления и развития туристской деятельности разделились. Отдельные авторы указывают на необходимость развития курортных направлений, другие – на лечебно-оздоровительные направления. Так, например, в работе [1] особое внимание уделяется использованию положений концепции оздоровительного туризма, ориентированного, прежде всего, на здоровье туриста. Автор приходит к выводу, что диверсификация предложения оздоровительного туризма для различных групп потребителей, определяется взаимовыгодностью. Существует также мнение [2], что на развитие отрасли оказывает влияние настроения туристов. Так, на основании общественного мнения, формируются организационные коммуникационные стратегии, которые в дальнейшем реализуются на практике.

Представители Тибетского автономного округа, Гонконга, Макао и Тайваня [3] акцентируют внимание на качественное развитие туристической индустрии на основе теории

пространственного производства и обращают внимание на механизм инклюзивного зеленого роста. В Китае считают, что в индустрии туризма необходимо следовать парадигме «Новой экономической географии». На развитие пространственной структуры региональной экономики туризма оказывают особое влияние транспортные услуги, главным образом наличие высокоскоростных поездов [4].

Ряд авторов [5] приводят детерминанты деятельности «синей экономики», а именно туризма и рыболовства. На основании анализа панельных данных по 19 островным странам Азиатско-Тихоокеанского региона за период 1996–2016 гг. рассмотрены доказательства влияния валового основного капитала, обеспеченности электроэнергией, политики устойчивого управления океаном. В исследовательских трудах [6] описывается прямое и (косвенное) пространственное побочное воздействие экономики агломерации на производительность индустрии туризма. В связи с растущими опасениями по поводу сохраняющейся низкой производительности (труда) в туризме во многих развитых странах возникает настоятельная необходимость решения этой проблемы производительности. В Великобритании для оценки этого воздействия используются малоиспользуемые панельные микроэкономические данные, пространственное эконометрическое моделирование.

В анализе туристического потенциала Африки рассматривается взаимосвязь между туризмом и экономическим ростом, учитывается сдерживающее влияние на путешествия климатических факторов, развитие инфраструктуры и политических рисков. Африканским лидерам рекомендовано координировать политические усилия по использованию ту-

ристического потенциала континента для диверсификации своей экономики [7]. В работе [8] подчеркивают взаимосвязь между потоком туристической информации и региональными экономическими связями в сфере туризма с макроэкономической точки зрения. Для анализа данных авторы применяют следующие методы анализа туристской отрасли: гравитационная модель, пространственная модель Дурбина и качественный сравнительный анализ с нечетким набором. По мнению ученых, поток информации о туризме оказывает значительное влияние на региональные экономические связи в сфере туризма и имеет очевидные побочные эффекты. Однако эти эффекты кратковременны.

Взаимодействие туризма с территорией фиксируется новым индикатором туристического давления, основанным как на ранее существовавших заторах, так и на экономическом вкладе туристического сектора в местное население. Пространственный анализ, выявляющий взаимозависимости итальянских данных на уровне NUTS3 (2005–2018 гг.), показывает, что туризм оказывает благотворное влияние на экономический рост. Однако показатель туристической нагрузки свидетельствует о наличии нелинейных эффектов (избыток туризма пагубно влияет на доход на душу населения в наблюдаемой области, а в силу наличия пространственного спилловера – и на сопредельных территориях) [9].

Как утверждают в [10] туризм является важным направлением бизнеса для современного общества и становится основным видом экономической деятельности во всем мире. Технологическая экспансия и экономическое расхождение создали благоприятную для туризма среду в эпоху глобализации. Цивилизации, имеющие выгодное географическое, историческое, культурное наследие культивируют туризм, многие жители туристических дестинаций развивая медицинский, паломнический, пляжный, природный туризм зарабатывают себе на жизнь. Экономический эффект и динамизм туристической деятельности доказывается с использованием корреляции, регрессионного анализа и тестов ANOVA для изучения взаимосвязи между туризмом и доходностью.

В работе [11] предложена модель развития спортивного туризма, позволяющую оценить возможность повторного посещения спортивных мероприятий по футболу. Модель включает анализ таких факторов как удовлетворенность туристов, информационное обеспечение, имидж территории и криминальные риски. Авторы приходят к выводам о необходимости тщательного маркетингового создания и продвижения бренда территории [12].

Анализируя состояние туристской отрасли в РФ можно отметить, что деятельность в ней базируется на нормативно-правовом регулировании, мониторинге въездных и выездных потоков туристов. По мнению [13] состояние туристско-рекреационных кластеров анализируется при использовании программно-целевого метода. Использование кластерного подхода в развитии туризма рекомендует О.А. Бакуменко с применением метода оценки эффективности функционирования туристических кластеров [14].

В исследовании [15] показаны актуальные и назревшие проблемы туристической индустрии на уровне муниципалитетов, в их числе: отсутствие закрепленной методики планирования и разработки концептуальных положений развития внутреннего туризма, неразработанность системы оценки направлений и масштабов развития туризма, слабое вза-

имодействие руководства муниципальных образований и представителей бизнеса. В качестве методов анализа туристической индустрии он рекомендует:

- построение факторологической модели туристического потенциала муниципального образования;
- использование экономико-математических методов;
- применение экспертного метода для оценки приоритетности основных направлений развития туризма.

Вопросы сохранения потенциала и повышения роли туризма в социально-экономическом развитии регионов страны изложены в стратегии развития туризма в РФ на период до 2035 года. Цели Стратегии: реализация комплексного подхода к развитию внутреннего и въездного туризма в РФ за счет создания условий для формирования и продвижения качественного туристского продукта, конкурентоспособного на внутреннем и мировом рынках; реализация социальной роли туризма через приобщение населения к отдыху через личностное развитие в интеллектуальном, духовном, творческом плане.

В период пандемии роль буфера в туристской отрасли принадлежит государственным мерам, к которым относятся [16]:

- предоставление субсидий туроператорам на возмещение затрат, связанных с авиаперевозками;
- субсидирование субъектов малого и среднего предпринимательства и социально-ориентированным фирмам на проведение мероприятий по профилактике SARS-CoV-2;
- беспроцентное кредитование юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выплату заработной платы сотрудникам и возобновление деятельности;
- запрет на применение налоговых санкций;



Рис 1. Динамика въездных и выездных туристских поездок через территорию РФ по всем странам мира за 2014–2020 гг., тыс. поездок

Источник: составлено авторами на основе данных Росстата

Fig. 1. Dynamics of inbound and outbound tourist trips through the territory of the Russian Federation in all countries of the world for 2014–2020, thousand trips

Source: compiled by the authors based on Rosstat data

– продление сроков действия лицензий и разрешений на деятельность и др.

Далее на основе выводов анализа литературы, а так же с учетом содержания и периодичности раскрываемый российскими статистическими органами информации по туристской отрасли, авторами проанализированы данные статистики с использованием следующие методов: анализ динамики, структуры основных показателей по туризму, корреляционный и регрессионный анализ, эконометрическое моделирование, расчет коэффициентов, прогнозирование.

Для общей характеристики туристической привлекательности России нами произведено сопоставление в динамике показателей, характеризующих количество въездных туристских поездок иностранных граждан и выездных туристских поездок россиян за рубеж (рис. 1). На основе представленных статистических данных мы наблюдаем значительный дисбаланс в пользу выездного туризма. Сложившаяся тенденция указывает на относительно невысокую туристическую привлекательность РФ,

что подтверждается данными глобального рейтинга туристического кластера Global Attractiveness Index (GAI), разработанного специалистами The European House — Ambrosetti.

Индекс GAI состоит из трех субиндексов: Dynamism Index (ID), Sustainability Index (IS), Growth Expectations (GE). Россия по состоянию на 2020 г. находилась на 30 месте в перечне из 144 стран со значением индекса GAI = 53,53. В рейтинге 2021 г. Россия сместилась на 33 место из 148 стран (индекс GAI = 53,43), потенциал привлекательности – низкий (в том числе: низкие значения субиндекса динамизма, критические низкие значения субиндексов устойчивости и ожидания роста).¹

Низкая туристическая привлекательность страны обусловлена следующими факторами: недостаточно развитая туристская и транспортная инфраструктуры, изношенность средств размещения, небла-

¹ https://acadmin.ambrosetti.eu/dompdf/crea_wmark.php?doc=L2F0dGFjaG1lbnRzL3BkZi9tYXBwYS1jb25jZXR0dWFsZS1nYWktZW5nLT1wMjEwOTAzMTlucGRm&id=14186&muid=corporate

гоприятный инвестиционный климат, сравнительно невысокое качество обслуживания туристов, слабая информационная поддержка и продвижение рынка отечественных туристских услуг, низкий уровень культуры соблюдения правил безопасности среди населения и пр. Так, например, слабо развитая транспортная инфраструктура не позволяет в полной мере реализовать преимущества богатого историко-культурного наследия и востребованных природных объектов. По мнению представителей туркомпаний, основной проблемой, препятствующей развитию транспортной и гостиничной сфер, а также индустрии питания, являются высокие риски ведения бизнеса в России. К ключевым факторам риска для отрасли на макроуровне так же относятся: риски ослабления рубля, риски сокращения внутреннего спроса, увеличение числа кибератак и киберугроз, усиление внешнеполитических рисков. К наиболее опасным микро-рискам относят: риски снижения денежного потока/возникновения кассовых разрывов, снижение надежности контрагентов.

Следует отметить нестабильную динамику по выездным туристам и относительно более стабильную динамику по числу иностранных въездных туристов (за исключением 2020 г.). При этом уменьшение потока выездных туристов наблюдалось с 2014 по 2016 гг. и начиная с 2020 г. Данные периоды характеризовались обострением международной политической обстановки вокруг России, что привело к резкому падению курса рубля, снижению покупательской способности граждан. Резкий спад турпоездок в 2020 г. так же обусловлен влиянием антиковидных ограничений, в том числе сокращением транспортных потоков. Так же можем констатировать, что в периоды

«оздоровления» российской экономики, количество граждан, осуществляющих туристические поездки за рубеж, увеличивалось.

Анализируя сложившиеся тенденции в предпочтениях туристов, следует сказать о странах, граждане которых чаще всего посещают территорию РФ в туристических целях. К ним, в первую очередь, относятся страны ближнего зарубежья. По состоянию на конец 2020 г. первую пятерку рейтинга замкнули: Украина (180,5 тыс. чел.), Абхазия (136,8 тыс. чел.), Казахстан (132,4 тыс. чел.), Таджикистан (130,8 тыс. чел.) и Узбекистан (100,1 тыс. чел.). Из стран дальнего зарубежья чаще всего Россию посещали граждане Германии (16 место, 91,8 тыс. чел.), Кубы (17 место, 75,9 тыс. чел.) и Турции (18 место, 58,5 тыс. чел.). Граждане РФ отдали свои предпочтения следующим странам: Абхазия, Турция, Украина, Египет, ОАЭ. Высокие показатели по въездным потокам в РФ имеют следующие страны ЕС – Германия, Финляндия и Греция (14, 16 и 17 места соответственно по состоянию на 2021 год). По данным туристических организаций к наиболее приоритетным внутрироссийским географическим направлениям развития относятся: черноморское побережье, Санкт-Петербург и побережье балтийского моря, Москва и «Золотое кольцо», Урал, Байкал. При этом большинство туроператоров заинтересовано в развитии наиболее распространенных видов туризма: пляжного и культурно-познавательного.

Напряженная международная обстановка в 2022 г., связанная с проведением военной спецоперации на Украине, несомненно, отразится как на числе въездных, так и выездных туристов. Введенные запреты на авиаперелеты отечественных авиакомпаний над территорией стран Запа-

да, авиакомпаний недружественных стран над территорией РФ приведут к резкому сокращению турпотоков по всем направлениям, значительному росту транспортных расходов на отдых (за счет облета территорий, ростом цен на топливо). Таким образом, вырастет стоимость отдыха, в первую очередь – за рубежом, что поспособствует росту числа отечественных туристов, отдыхающих внутри страны. Несомненно, сократится число въездных иностранных туристов, сократится спрос на отдых в недружественных странах, увеличится число выездных туров в страны ближнего зарубежья.

Детализировать причины возможного влияния отдельных факторов на туристическую привлекательность страны предлагаем с использованием метода корреляционного анализа. Ввиду ограниченного набора публикуемых статистических данных, низкой частотой их представления для проведения корреляционного анализа нами выбраны следующие переменные во временном разрезе в годовом выражении: число туристских фирм – всего; средняя стоимость реализуемых турпакетов; число ресторанов, кафе, баров; парк воздушных судов – единиц; парк пассажирских автобусов – единиц. Для характеристики тесноты связи использован шкала Чеддока. Таким образом, с переменной «число въездных турпоездок иностранных граждан» сильнее всего коррелирует переменная «парк пассажирских автобусов – единиц» ($r = 0,81$ – связь высокая), «число ресторанов, кафе, баров» ($r = 0,66$ – связь заметная), «средняя стоимость реализуемых турпакетов» ($r = 0,43$ – связь умеренная). Остальные факторы показывают слабую статистическую связь. С переменной «число выездных турпоездок граждан РФ» сильнее всего кор-

Таблица 1 (Table 1)

Показатели динамики количества турпакетов, реализованных населению за 2011–2020 гг. – всего, тыс. ед.
Indexes of the dynamics of the number of tour packages sold to the population in 2011–2020 – total, thousand units

Годы	2011 г	2012 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2019 г	2020 г
Число турпакетов, реализованных населению – всего, ед	4426,9	4762,8	5384,0	4384,1	4024,0	3351,5	4389,6	4585,3	5336,5	3125,3
Абсолютный прирост (цепн)	–	335,9	621,2	-999,9	-360,1	-672,4	1038,1	195,7	751,2	-2211,2
Абсолютный прирост (баз)	–	335,9	957,1	-42,9	-403,0	-1075,4	-37,4	158,4	909,5	-1301,6
Темп прироста (цепн)	–	7,6	13,0	-18,6	-8,2	-16,7	31,0	4,5	16,4	-41,4
Темп прироста (баз)	–	7,6	21,6	-1,0	-9,1	-24,3	-0,8	3,6	20,5	-29,4

Источник: рассчитано авторами на основе данных Росстата

Source: calculated by the authors based on Rosstat data

релируют «средняя стоимость реализуемых турпакетов» ($r = 0,66$ – связь заметная); «парк пассажирских автобусов – единиц» ($r = 0,46$ – связь умеренная). Следует учитывать, что коэффициент корреляции показывает тесноту статистической связи между переменными, но не обуславливает влияние какого-либо фактора на результативный показатель. Так же рассчитанные значения коэффициентов могут содержать ошибку ввиду нестационарности используемых данных динамических рядов.

Далее рассмотрим показатели динамики по объему реализованных населению турпакетов (табл. 1).

На основе расчетов, представленных в табл. 1, мы наблюдаем неустойчивую динамику числа реализуемых в России турпакетов. За последние 10 лет, в периоды с 2012 г. по 2013 г., а также с 2017 г. по 2019 г. показатель увеличивался, наибольший прирост наблюдался в 2017 г. (+1038,1 тыс. ед. / +31,0% к уровню предыдущего года). Периоды с 2014 г. по 2016 г., а так же 2020 г. отметились падением значений показателя, наиболее резкое падение отмечено в 2020 г. (-2211,2 тыс. ед. / -41,4% к уровню предыдущего года). В целом за анализируемый период значение показателя снизилось на 1301,6 тыс.

ед. (-29,4%). Подробная динамика количества реализованных турпакетов с выделением категорий потребителей представлена на рис. 2.

Детализировав информацию по направлениям реализации турпакетов гражданам РФ отметим, что до 2019 г. наблюдался устойчивый рост реализации турпакетов по российским направлениям и постепенное сокращение числа реализуемых по зарубежным направлениям турпакетов. В 2020 г. число отечественных турпакетов превышало число реализованных турпакетов за рубеж. Можно утверждать,

что такая тенденция сохранится как минимум в среднесрочной перспективе. Прогноз тенденции реализации отечественных турпакетов на 2022 г. и 2023 г. – 2676,7 тыс. штук и 2955,2 тыс. штук соответственно (уравнение тренда: $y = 9,4462x^2 + 42,37x + 808$).

Рассмотрим соотношение средней стоимости одного условного реализуемого турпакета для граждан РФ по направлениям реализации

В течение анализируемого периода наблюдается увеличение диспропорции в условной стоимости реализуемых по различным направлениям

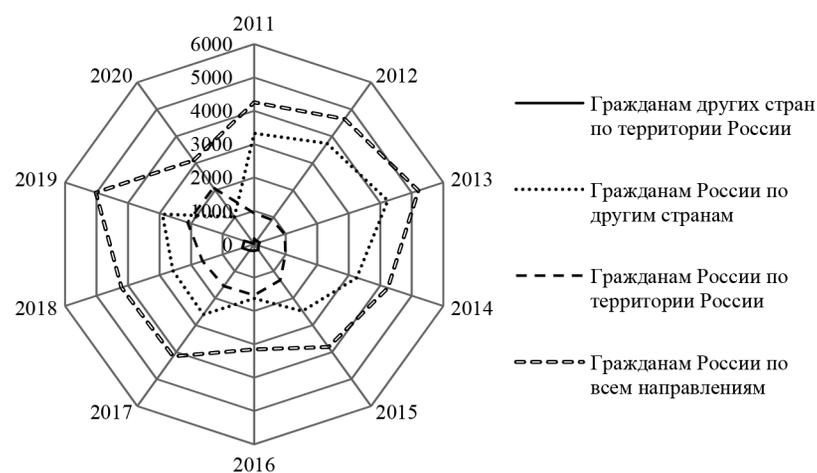


Рис. 2. Динамика реализации турпакетов туристическими агентствами России по направлениям и категориям потребителей за 2011–2020 гг., тыс. ед.

Источник: составлено авторами на основе данных Росстата

Fig. 2. Dynamics of sales of tour packages by Russian travel agencies by destinations and categories of consumers for 2011–2020, thousand units

Source: compiled by the authors based on Rosstat data



Рис. 3. Средняя стоимость одного условного реализуемого турпакета для граждан РФ по направлениям реализации в динамике за 2011–2020 гг., тыс. руб.

Источник: рассчитано авторами на основе данных Росстата

Fig. 3. The average cost of one conditional sold tour package for citizens of the Russian Federation in the areas of sale in dynamics for 2011–2020, thousand rubles.

Source: calculated by the authors based on Rosstat data

турпакетов (с 2 до 2,9 раза). При этом по отечественным направлениям с 2016 г. стоимость изменяется незначительно (с 32,2 тыс. руб. до 33,9 тыс. руб.), по зарубежным – более существенно (увеличивается с 85,0 тыс. руб. до 96,8 тыс. руб. – в 2020 г.), больше всего в 2019 г. (103,5 тыс. руб.).

Рост стоимости одного условного зарубежного турпакета обусловлен, прежде всего, колебанием курсов валют. Имеющаяся тенденция объясняет увеличение доли реализуемых для граждан турпакетов по отечественным направлениям отдыха. В связи с сокращением зарубежных туристских направлений, возможно увеличение стоимости отдыха на российских курортах и местах отдыха ввиду снижения предложения на рынке туристских услуг.

Для оценки взаимосвязей между числом реализованных гражданам РФ турпакетов (ЧРТ) и возможными объясняющими переменными (число туристских фирм – всего; средняя стоимость реализуемых турпакетов; число ресторанов, кафе, баров; парк воздушных судов – единиц; парк пассажирских автобусов – единиц) построена линейная модель множественной регрессии. Так как для построения

Таблица 2 (Table 2)

Характеристики линейной модели множественной регрессии
Characteristics of the linear model of multiple regression

Показатель	Значение	Примечание
Характеристики модели		
Уравнение модели	$\widehat{ЧРТ} = -1,35e+04 + 57,8 \times \text{ССРТ} + 5,43 \times \text{ПВС}$	Стандартная ошибка модели = 226,7648 Стандартные ошибки коэффициентов регрессии: (3,54e+03) (14,9) (1,03)
Тип зависимости	Линейная	Тест на нелинейность (квадраты) – p -значение = 0,10 > 0,05; Тест на нелинейность (логарифмы) – p -значение = 0,11 > 0,05 Не отвергается гипотеза о линейной зависимости RESET-тест – p -значение = 0,52 > 0,05 Спецификация модели правильная
Исправ. R -квадрат	0,75	Качество модели хорошее, вариация включенных в модель факторов на 75% объясняет вариацию зависимой переменной
Уровень надежности модели	95%	Допустимая ошибка – 5 %
Результаты тестирования на статистическую значимость		
Тесты на автокорреляцию	LMF-статистика: p -значение = 0,52 > 0,05; Альтернативная статистика – $TR \times 2$: p -значение = 0,39 > 0,05; Ljung-Box Q'-тест: p -значение = 0,47 > 0,05	Не отвергается гипотеза об отсутствии автокорреляции остатков
Тест на гетероскедастичность	White-тест: p -значение = 0,57 > 0,05; Breusch-Pagan-тест: p -значение = 0,52 > 0,05	Не отвергается гипотеза о том, что модель гомоскедастична
Тест на нормальность остатков	p -значение = 0,76 > 0,05	Ошибки распределены по нормальному закону

Источник: составлено авторами

Source: compiled by the authors

Таблица 3 (Table 3)

Соотношение числа зарегистрированных на территории РФ туристских фирм и санаторно-курортных организаций и организаций отдыха (на конец года – всего), ед.

Correlation between the number of tourist firms, sanatorium and resort organizations and recreation organizations registered in the territory of the Russian Federation (at the end of the year - total), units

Наименование показателя	2011 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Базисный темп прироста, %
Число туристских фирм (ТФ)	10266	11893	12395	13579	13674	12690	12463	+21,4
Число санаторно-курортных организаций и организаций отдыха (СКО)	3853	3689	5166	6539	6772	6990	6918	+79,5
Коэффициент соотношения	2,7	3,2	2,4	2,1	2,0	1,8	1,8	×

Источник: рассчитано авторами на основе данных Росстата

Source: calculated by the authors based on Rosstat data

модели были использованы данные рядов динамики, для исключения искажения результатов моделирования в исходный набор факторов была включена переменная времени. В процессе оценки модели она не показала статистическую значимость и в итоговое уравнение регрессии не вошла. Тест на избыточные переменные с последовательным исключением переменных с использованием двустороннего p -значения ($p = 0,05$) показал целесообразность включения в модель следующих переменных: «средняя стоимость реализуемых турпакетов» (ССРТ) и «парк воздушных судов» (ПВС). Характеристики уравнение модели представлены в таблице 2.

Проведенные тесты на статистическую значимость подтверждают качество построенной модели. Уравнение модели можно интерпретировать следующим образом: при росте средней стоимости реализуемых турпакетов на 1 тыс. руб. число реализуемых турпакетов увеличивается на 58,7 штук, с увеличением парка воздушных судов на 5 единиц число реализуемых пакетов увеличивается на 5,43 штук. Независимые переменные, которые не вошли в модель – не показали свою статистическую значимость.

В качестве одного из показателей состояния туристической отрасли можно выделить численность организаций, предоставляющих услуги в области туризма и отдыха. К таким организациям относят: туристские, санитарно-курортные организации и организации отдыха. На основе анализа динамики наличия таких организаций можно судить о привлекательности отрасли для бизнеса.

В соответствии с рассмотренными в табл. 3 данными в целом наблюдается рост числа, как туристских фирм, так и санаторно-курортных организаций, при этом в течение всего

анализируемого периода имеется значительный численный перевес в пользу первых. Темпы прироста последних превышают рост туристских организаций более чем в два раза, а коэффициент соотношения показывает изменение диспропорции с 2,7 до 1,8 раза. Таким образом, в перспективе возможно выравнивание численности указанных организаций, что приведет к росту конкурен-

ции, а также качества оказываемых услуг отдыха. Кроме этого, рост доли санаторно-курортных организаций и организаций отдыха обоснован политикой импортозамещения, т.е. необходимостью увеличения доли отечественных турпакетов для российских граждан. В современных условиях экономической и международной политической напряженности развитие отечественных на-



Рис. 4. Структура коллективных средств размещения в РФ в 2011–2020 гг.

Источник: рассчитано авторами на основе данных Росстата

Fig. 4. Structure of collective accommodation facilities in the Russian Federation in 2011–2020

Source: calculated by the authors based on Rosstat data

Результаты моделирования

Modeling results

Критерий	Прогнозная модель количества ТФ	Прогнозная модель количества СКО
Уравнение модели	$y_t = 11086,2 + 0,86y_{t-1} + \varepsilon_t + 0,71\varepsilon_{t-1}$	$y_t = 5253,09 + 0,90y_{t-1} + \varepsilon_t$
<i>p</i> -значение модели	0,05	0,05
<i>R</i> -квадрат	0,86	0,82
Тест на нормальное распределение ошибок	<i>p</i> -значение = 0,92 > 0,05 (не отвергается гипотеза о нормальном распределении остатков)	<i>p</i> -значение = 0,13 > 0,05 (не отвергается гипотеза о нормальном распределении остатков)
LM тест, порядок лагов = 3	<i>p</i> -значение = 0,08 > 0,05 (не отвергается гипотеза об отсутствии автокорреляции)	<i>p</i> -значение = 0,21 > 0,05 (не отвергается гипотеза об отсутствии автокорреляции)
Тест на наличие ARCH процессов, порядок лагов = 1	<i>p</i> -значение = 0,51 > 0,05 (не отвергается гипотеза об отсутствии ARCH-эффектов)	<i>p</i> -значение = 0,23 > 0,05 (не отвергается гипотеза об отсутствии ARCH-эффектов)

Источник: составлено авторами

Source: compiled by the authors

правлений туризма и отдыха становится актуальным.

Детальная структура коллективных средств размещения изображена на рис. 4.

Анализируя структуру коллективных средств размещения, мы наблюдаем преобладание гостиниц и аналогичных средств размещения. За анализируемый период их доля варьировалась от 68,6% до 79,1%. К 2020 г. их она снизилась до 74,7%. Доля организаций отдыха и других специализированных средств размещения в целом за 10 лет увеличилась и составила в отчетном периоде 18,9%. Меньше всего в структуре коллективных средств размещения занимают санаторно-курортные организации. Их доля ежегодно (за исключением 2020 г.) снижается. Самое низкое значение показатель имел в 2019 г. – 6,3%, в отчетном году – 6,4%.

По данным Росстата за 2010–2020 гг. были построены прогнозные модели для переменных ТФ и СКО на основе методологии Бокса – Дженкинса. Для прогнозирования показателей самыми оптимальными были признаны модели: для ТФ – ARMA (1,1); для СКО – ARMA (1,0). Критерий оптимальности – наиболее низкое значение критериев Шварца, Акаике, Хеннана-Ку-

инна. Обе модели прошли статистические тесты, подтверждающие их статистическую значимость, в том числе: тест на нормальное распределение ошибок, тест автокорреляцию, тест на наличие ARCH-эффектов. Характеристики моделей, результаты тестирования, а также параметры качества представлены в табл. 4.

На основе полученных моделей был сформирован автоматический прогноз. Результаты прогнозирования представлены в табл. 5.

Таким образом, в среднесрочной перспективе (табл. 5) прогнозируется снижение значений показателей по обеим переменным. Коэффициент соотношения (ТФ/СКО) существенно не меняется (с 1,80 – в 2020 г. до 1,87 – в 2023 г.). Результаты прогнозирования являются примерными, велика вероятность необходимости корректировки прогноза с учетом развития экономической и международной политической обстановки.

Подводя итог обсуждению материалов исследования, обратим внимание на проблемы в туризме, связанные с пандемией SARS-CoV-2, поскольку именно она повлияла на объемы турпотоков по всему миру. К ним относятся:

– проблемы обратной связи (обращения турагентов после бронирования остаются без ответа, либо ответ предоставляется в течение длительного времени);

– нарушение условий по программам вознаграждения турагентов;

– отсутствие консультационной поддержки от туроператоров в период противоэпидемиологических ограничений (например, по вопросам взаимодействия с туристами по вопросам возврата или переноса туров);

– корректировка туров без уведомления турагента и туриста;

– непрозрачный механизм переноса туров, возврата денежных средств, нарушение

Таблица 5 (Table 5)

Прогнозные значения переменных ТФ и СКО
Predictive values of the TF and Standard Deviation variables

Модель	2021 г.	2022 г.	2023 г.
ТФ: ARMA (1,1)	12457	12267	12103
СКО: ARMA (1,0)	6757	6611	6479

Источник: составлено авторами

Source: compiled by the authors

условий замены (например, замена пляжного тура на Кубе на более дешевый в Египте);

- отсутствие организации полноценного сотрудничества для совместного оперативного реагирования на вызовы коронавирусной инфекции;

Обозначенные проблемы запустили следующие процессы:

- существенное снижение доходов туроператоров и турагентов;

- перезагрузка виртуальных отношений при бронировании туров ввиду возросшей роли online-услуг;

- сокращение глубины продаж и бронирования турпакетов (туристы стали отказываться от раннего бронирования туров за 60 дней, глубина бронирования составляет 2–3 недели, что приводит к навязыванию туристам высокой стоимости отдыха).

- появление в обществе фобий, связанных с вспышками пандемий и закрытия стран и маршрутов;

- повышение стоимости путевок в диапазоне 10–90% и отсутствие «горящих» путевок.

По мнению авторов статьи, каждому региону РФ следует разработать маршрутную туристическую карту с учетом территориального месторасположения, архитектурно-строительного наследия, национальных особенностей, возможностей возведения концептуальных средств размещения.

Авторами [16] предложены варианты трансформации туризма в Хабаровском крае через расширение коммуникативного пространства и связи, совершенствование духовного потенциала и смену системы установок. Они предлагают пересмотр туристических предложений в сегменте «местные региональные туры» для дальневосточников по направлениям:

- приоритетные однодневные туры со следующим со-

держанием ассортиментной линейки туров: малоизвестные факты из жизни и истории родного города, городские легенды, экологический и познавательный (с выездом за пределы города), релаксационные туры (йога, саморазвитие), малоизвестные факты из истории края и отраслевые туры, экологические мини-туры, образовательные городские экскурсии для детей;

- для двухдневных туров: сплавы по таежным речкам, этнографические мини-туры, релаксационные туры (йога, саморазвитие), малоизвестные факты из истории родного города, отраслевые и ведомственные туры, совмещенные городские экскурсии и экологические тропы с ночевкой (развлекательно-образовательная программа), экологические тропы и экскурсии в заповедники, релаксационный тур с комфортным проживанием, рыболовные туры [16].

В работе [17] одним из драйвером туристической отрасли называют Карелию. Ее туристический пакет можно считать импортозамещением в страны Северной Европы. Карелия привлекает богатой первозданной природой, заповедниками, лесами, водопадами также религиозные достопримечательностями, известным островом Валаам. В работе [18] акцентируется внимание на механической системе оснащения туристско-рекреационного кластера, что позволит продлить сезон катания на склонах курорта.

Реализация Стратегии развития внутреннего туризма, предоставит возможность познакомиться с природными объектами России. Своеобразный территориальный подход к развитию туризма реализуется, например, в Калининградской области, где выделяется собственное самобытное социокультурное пространство с веянием классической старины архитектуры, обладающей

собственной неповторимой атмосферой. В этом регионе формированию уникального турпродукта способствовал успешный маркетинг территории, где акцент туристических посещений романтической Прибалтики делался не на высокий сезон, а на осенне-зимний [19].

Заключение

Рассмотрев литературу по вопросам анализа состояния туристской отрасли нами установлено, что зарубежный подход к ее оценке осуществляется через доказательные методы, включающие: теорию пространственного производства туристических услуг, исследование малоиспользуемых панельных микроэкономических данных, качественный сравнительный анализ с использованием нечетких множеств. Исследования авторов сводятся к построению моделей пространственных и панельных данных, в том числе построение гравитационных моделей, пространственных моделей Дурбина. Для прогнозирования зачастую используются данные динамических рядов. Исследования отечественных авторов, помимо перечисленных вопросов, сконцентрированы на проблемах оценки состояния туристской отрасли и выявлении перспективных направлений развития отрасли в РФ, изучении въездных и выездных потоков посредством реализации программно-целевых методов.

Анализ динамики въездных и выездных туристских поездок показал тенденцию снижения их общего количества, которая обусловлена низким уровнем туристической привлекательности, шоками и ограничительными мерами, которые вызваны пандемией SARS-CoV-2, напряженной внешнеполитической обстановкой. Наиболее активные внешние турпотоки РФ на-

блюдаются со странами ближнего зарубежья. Корреляционный анализ показал наличие статистической связи количества совершаемых турпоездов с состоянием транспортной инфраструктуры стоимостью реализуемых турпакетов. Наблюдается рост реализации турпакетов по российским направлениям и сокращение их числа по зарубежным направлениям. Такая тенденция обусловлена увеличением диспропорции между средней стоимостью турпакетов в зависимости от направления отдыха – РФ или зарубежные страны (1 : 3). Проведенная процедура регрессионного анализа показала взаимосвязи между числом реализованных гражданам РФ турпакетов с переменными «средняя стоимость реализуемых турпакетов» и «парк воздушных судов», что указывает на необходимость развития транспортной инфраструктуры и оптимизации стоимости отдыха. В структуре коллективных средств размещения наибольшую долю занимают гостиницы и аналогичные средства размещения. Доля санаторно-курортных организаций и организаций составляет всего лишь 6,4%, хотя в общей структуре туристских услуг преобладает спрос на пляжный и санаторно-курортный туризм (67% и 62% соответственно). Прогнозные расчеты по количеству турфирм и санаторно-курортных организаций показывают их снижение в среднесрочной перспективе, что указывает на необходимость принятия соответствующих мер активизации

Проблемы и приоритетные направлений развития отечественного туристического бизнеса

Problems and priority areas for the development of the domestic tourism business

Проблемы развития отечественного туристического бизнеса	Приоритетные направления развития отечественного туристического бизнеса
1) слабая туристическая привлекательность (должна повышаться за счет повышения стандартов качества туристического отдыха в РФ, переосмысления отношения российских и иностранных граждан к отдыху в России)	1) <i>на микроуровне:</i> – внедрение внедрению цифровых решений во взаимодействие с клиентами и бизнес-процессы; – контроль над уровнем расходов и диверсификация бизнеса; – увеличений инвестиций в основные средства и туристическую инфраструктуру;
2) слабо развитая туристская и транспортная инфраструктуры (необходимо увеличивать инвестиции в развитие инфраструктуры)	– сокращение расходов, в том числе за счет продажи неэффективных активов; – увеличения расходов турпредприятий на продвижение и маркетинг.
3) недостаточное количество средств размещения ориентированных на массового туриста	2) <i>на макроуровне:</i> – государственная поддержка туристической отрасли (дотации, налоговые послабления);
4) низкое качество внутренних услуг размещения и высокая стоимость зарубежных туров	– расширение практики возврата части средств туристам, потраченных на внутренний туризм и отдых; – государственное регулирование цен на туристские услуги

Источник: составлено авторами

Source: compiled by the authors

туристского предпринимательства.

Объединив результаты проведенного статистического анализа, анализа научной литературы и содержания программ развития туризма в РФ, авторами обозначены общие проблемы и направления развития отрасли (табл. 6).

На основании изложенного материала авторами так же детализированы направления активизация туристической отрасли в РФ, которые будут способствовать росту продаж турпакетов и увеличению внутренних турпотоков: распространение авторского, местного, этнического, эко-

логического, косметического, спортивного, авторского туризма и туров выходного дня. Наилучшим советом для туристического общества является приобретение турпакета «все включено» и страхование своего путешествия. С позиций совершенствования персонала туристических дестинаций предлагаем встроить в организационно-управленческую структуру новый профиль персонал-ассистента, который будет закреплен за гостями номерного фонда и будет адаптировать и отвечать за консультирование туриста на вновь осваиваемой территории РФ.

Литература

1. Jiang L., Wu H. and Song Y. Diversified demand for health tourism matters: From a perspective of the intra-industry trade // *Social Science & Medicine*. 2022. № 293. С. 114630. DOI: 10.1016/j.socscimed.2021.114630.

2. Obembe D., Kolade O., Obembe F., Owoseni A., Mafimisebi O. Covid-19 and the tourism industry: An early stage sentiment analysis of the impact of

social media and stakeholder communication // *International Journal of Information Management Data Insights*. 2021. № 1(2). С. 100040. DOI: 10.1016/j.jjime.2021.100040.

3. Zhang X., Guo W., Bashir M.B. Inclusive green growth and development of the high-quality tourism industry in China: The dependence on imports // *Sustainable Production and Consumption*. 2022. № 29. С. 57–78. DOI: 10.1016/j.spc.2021.09.023.

4. Zhou B., Wen Z., Yang Y. Agglomerating or dispersing? Spatial effects of high-speed trains on regional tourism economies // *Tourism Management*. 2021. № 87. С. 104392. DOI: 10.1016/j.tourman.2021.104392.

5. Bhattacharya P., Dash A.K. Determinants of blue economy in Asia-Pacific island countries: A study of tourism and fisheries sectors // *Ocean & Coastal Management*. 2021. № 211. С. 105774. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105774.

6. Kim Y.R., Williams A.M., Park S., Chen J.L. Spatial spillovers of agglomeration economies and productivity in the tourism industry: The case of the UK // *Tourism Management*. 2021. № 82. С. 104201. DOI: 10.1016/j.tourman.2020.104201.

7. Ekeocha D.O., Ogbuabor J.E., Orji A., Kalu U.I. International tourism and economic growth in Africa: A post-global financial crisis analysis // *Tourism Management Perspectives*. 2021. № 40. С. 100896. DOI: 10.1016/j.tmp.2021.100896.

8. Ruan W., Zhang S. Can tourism information flow enhance regional tourism economic linkages? // *Journal of Hospitality and Tourism Management*. 2021. № 49. С. 614–623. DOI: 10.1016/j.jhtm.2021.11.012.

9. Siano R.D., Canale R.R. Controversial effects of tourism on economic growth: A spatial analysis on Italian provincial data // *Land Use Policy*. 2022. № 117. С. 106081. DOI: 10.1016/j.landusepol.2022.106081.

10. Saluja V., Anand S., Peng J., Kumar H. The perceived impact of tourism development and sustainable strategies for residents of Varkala, South India // *International Journal of Geoheritage and Parks*. 2022. DOI: 10.1016/j.ijgeop.2022.03.003.

11. Swart K. George R., Cassar J. The 2014 FIFA World Cup (TM): Tourists' satisfaction levels and likelihood of repeat visitation to Rio de Janeiro //

Journal of destination marketing & management. 2018. № 8. С. 102–113.

12. Силова Е.С. Анализ развития индустрии туризма в России // *Вестник Челябинского государственного университета*. 2019. № 7(429). С. 110–117.

13. Королев Н.В. Стратегии развития туристско-рекреационного комплекса России // *Вестник университета*. 2018. № 9. С.69.

14. Бакуменко О.А. Развитие подходов к оценке эффективности функционирования региональных туристских кластеров // *Региональная экономика: теория и практика*. 2013. № 46. С. 41–50.

15. Цыганков Д. А. Методы анализа и планирования развития внутреннего туризма в регионе (на муниципальном уровне). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. 08.00.05. Москва. 2013.

16. Маркина Ю.М., Музыченко Н.П. Формирование регионального турпродукта на туристическом рынке хабаровского края в условиях пандемии // *Теория и практика общественного развития*. 2021. № 1. С. 28–33.

17. Булганина С.В., Лебедева Т.Е., Шамина Е.М., Биндюков А.П. Критерии формирования туристского продукта в Карелию // *Московский экономический журнал*. 2020. № 2. С. 521.

18. Булганина С.В., Лебедева Т.Е., Голованова С.О., Домнина, А.И. Развитие Алтайского края: туристские продукты и ресурсы // *Московский экономический журнал*. 2020. № 2. С. 553.

19. Биндюкова А.П., Казаков М.Е., Булганина С.В., Лебедева, Т.Е. Стратегии развития туризма в Калининградской области // *Московский экономический журнал*. 2020. № 3. С. 385.

References

1. Jiang L., Wu H. and Song Y. Diversified demand for health tourism matters: From a perspective of the intra-industry trade. *Social Science & Medicine*. 2022; 293: 114630. DOI: 10.1016/j.socscimed.2021.114630.

2. Obembe D., Kolade O., Obembe F., Owoseni A., Mafimisebi O. Covid-19 and the tourism industry: An early stage sentiment analysis of the impact of social media and stakeholder communication. *International Journal of Information Management Data Insights*. 2021; 1(2): 100040. DOI: 10.1016/j.ijime.2021.100040.

3. Zhang X., Guo W., Bashir M.B. Inclusive green growth and development of the high-quality tourism industry in China: The dependence on imports. *Sustainable Production and Consumption*. 2022; 29: 57-78. DOI: 10.1016/j.spc.2021.09.023.

4. Zhou B., Wen Z., Yang Y. Agglomerating or dispersing? Spatial effects of high-speed

trains on regional tourism economies. *Tourism Management*. 2021; 87: 104392. DOI: 10.1016/j.tourman.2021.104392.

5. Bhattacharya P., Dash A.K. Determinants of blue economy in Asia-Pacific island countries: A study of tourism and fisheries sectors. *Ocean & Coastal Management*. 2021; 211: 105774. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105774.

6. Kim Y.R., Williams A.M., Park S., Chen J.L. Spatial spillovers of agglomeration economies and productivity in the tourism industry: The case of the UK. *Tourism Management*. 2021; 82: 104201. DOI: 10.1016/j.tourman.2020.104201.

7. Ekeocha D.O., Ogbuabor J.E., Orji A., Kalu U.I. International tourism and economic growth in Africa: A post-global financial crisis analysis. *Tourism Management Perspectives*. 2021; 40: 100896. DOI: 10.1016/j.tmp.2021.100896.

8. Ruan W., Zhang S. Can tourism information flow enhance regional tourism economic linkages?

Journal of Hospitality and Tourism Management. 2021; 49: 614-623. DOI: 10.1016/j.jhtm.2021.11.012.

9. Siano R.D., Canale R.R. Controversial effects of tourism on economic growth: A spatial analysis on Italian provincial data. Land Use Policy. 2022; 117: 106081. DOI: 10.1016/j.landusepol.2022.106081.

10. Saluja V., Anand S., Peng J., Kumar H. The perceived impact of tourism development and sustainable strategies for residents of Varkala, South India. International Journal of Geoheritage and Parks. 2022. DOI: 10.1016/j.ijgeop.2022.03.003.

11. Swart K. George R., Cassar J. The 2014 FIFA World Cup (TM): Tourists' satisfaction levels and likelihood of repeat visitation to Rio de Janeiro. Journal of destination marketing & management. 2018; 8: 102-113.

12. Silova Ye.S. Analysis of the development of the tourism industry in Russia. Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Chelyabinsk State University. 2019; 7(429): 110-117. (In Russ.)

13. Korolev N.V. Strategies for the development of the tourist and recreational complex of Russia. Vestnik universiteta = Bulletin of the University. 2018; 9: 69. (In Russ.)

14. Bakumenko O.A. Development of approaches to assessing the effectiveness of the functioning of regional tourist clusters. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice. 2013; 46: 41-50. (In Russ.)

15. Tsygankov D. A. Metody analiza i planirovaniya razvitiya vnutrennego turizma v regione (na munitsipal'nom urovne). Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk. 08.00.05 = Methods of analysis and planning for the development of domestic tourism in the region (at the municipal level). Abstract of the dissertation for the degree of candidate of economic sciences. 08.00.05. Moscow. 2013. (In Russ.)

16. Markina Yu.M., Muzychenko N.P. Formation of a regional tourism product in the tourism market of the Khabarovsk Territory in a pandemic. Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya = Theory and practice of social development. 2021; 1: 28-33. (In Russ.)

17. Bulganina S.V., Lebedeva T.Ye., Shamina Ye.M., Bindyukov A.P. Criteria for the formation of a tourist product in Karelia. Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal. 2020; 2: 521. (In Russ.)

18. Bulganina S.V., Lebedeva T.Ye., Golovanova S.O., Domnina, A.I. Development of the Altai Territory: tourist products and resources. Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal. 2020; 2: 553. (In Russ.)

19. Bindyukova A.P., Kazakov M.Ye., Bulganina S.V., Lebedeva, T.Ye. Tourism Development Strategies in the Kaliningrad Region. Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal. 2020; 3: 385. (In Russ.)

Сведения об авторах

Полина Григорьевна Николенко

К.э.н., доцент, доцент,
доцент кафедры «Товароведения, сервиса и
управление качеством»

Нижегородский государственный инженерно-
экономический университет, Княгинино, Россия
Эл. почта: polinanikolenko59@mail.ru

Андрей Михайлович Терехов

К.э.н., доцент кафедры «Гуманитарные и
социально-экономические дисциплины»
Российский государственный университет
правосудия (Приволжский филиал),
Нижний Новгород, Россия
Эл. почта: terehoff.t@yandex.ru

Information about the authors

Polina G. Nikolenko

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor,
Associate Professor of the chair «Commodity science,
service and quality management»
Nizhny Novgorod State University of Engineering and
Economics, Knyaginino, Russia
E-mail: polinanikolenko59@mail.ru

Andrey M. Terekhov

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the
chair «Humanitarian and socio-economic disciplines»
Russian State University of Justice
(Privolzhsky Branch),
Nizhny Novgorod, Russia
E-mail: terehoff.t@yandex.ru

Методический аппарат когнитивного моделирования социально-экономической системы (университета)*

Цель исследования. Целью исследования является совершенствование методического аппарата когнитивного моделирования социально-экономических систем (СЭС) и прогнозирования показателей их функционирования и развития, обеспечивающего повышение точности и достоверности получаемых результатов. Существующие модели и методики не в полной мере обеспечивают необходимую точность и достоверность моделей, что требует развития математического аппарата когнитивного моделирования в части повышения качества разрабатываемых когнитивных моделей.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели использованы методы комплексного подхода к решению поставленной задачи, декомпозиции ее на взаимосвязанные этапы, описание содержания каждого этапа в их взаимосвязи и представление обобщенного варианта методики с учетом особенностей объекта исследования. Разработанный подход обеспечивает построение более точной и достоверной когнитивной модели. Показана эффективность разработанного методического аппарата.

Результаты. Проведен детальный анализ существующих критериев и подходов к решению задачи верификации когнитивных моделей, который показал отсутствие единой методики и ком-

плексного подхода в решении задач когнитивного моделирования СЭС на основе когнитивных карт. Разработана совокупность методик, реализующих этапы когнитивного моделирования: методика построения проблемного поля ситуации; методика синтеза когнитивной карты, ее структурно-целевого анализа и анализа системных характеристик, а также методика верификации когнитивной модели.

Заключение. Предложено комплексное решение задачи построения когнитивной модели анализа и прогнозирования деятельности университета, включающее совокупность этапов: этап построения проблемного поля ситуации; идентификации факторов и связей между ними; этапе построения когнитивной карты и ее верификации, а также этап анализа системных характеристик когнитивной модели, валидации когнитивной модели. Разработанный методический аппарат предназначен для получения адекватной модели, обеспечивающей более точные и достоверные результаты моделирования объекта исследования.

Ключевые слова: нечеткое когнитивное моделирование, сценарное прогнозирование, когнитивная карта, методический аппарат.

Andrey A. Mikryukov, Mikhail E. Mazurov

Plekhanov Russian University of Economic, Moscow, Russia

Methodological Apparatus of Cognitive Modeling of Socio-Economic System (University)

Purpose of the study. The aim of the study is to improve the methodological apparatus of cognitive modeling of socio-economic systems (SES) and predicting the indicators of their functioning and development, which ensures an increase in the accuracy and reliability of the results obtained. Existing models and methods do not fully provide the necessary accuracy and reliability of models that requires the development of the mathematical apparatus of cognitive modeling in terms of improving the quality of the developed cognitive models.

Materials and methods. To achieve this goal, methods of an integrated approach to solving the problem, decomposing it into interrelated stages, describing the content of each stage in their relationship and presenting a generalized version of the methodology, taking into account the characteristics of the object of study, were used. The developed approach provides creating a more accurate and reliable cognitive model. The effectiveness of the developed methodological apparatus is shown.

Results. A detailed analysis of the existing criteria and approaches to solving the problem of verification of cognitive models was carried

out, which showed the absence of a unified methodology and an integrated approach in solving problems of cognitive modeling of SES based on cognitive maps. A set of techniques that implement the stages of cognitive modeling has been developed. The results of a comparative analysis of the developed approach with the existing ones are presented.

Conclusion. A comprehensive solution to the problem of creating a cognitive model for analyzing and predicting the activities of a university is proposed, which includes a set of stages: the stage of creating the problem field of the situation; identification of factors and relationships between them; the stage of making a cognitive map and its verification, as well as the stage of analyzing the system characteristics of the cognitive model, validating the cognitive model. The developed methodological apparatus includes a set of techniques aimed at obtaining an adequate model that provides more accurate and reliable results of modeling the object of study.

Keywords: fuzzy cognitive modeling, scenario forecasting, cognitive map, methodological apparatus.

* Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Введение

В статье рассмотрена задача совершенствования методического аппарата когнитивного моделирования, широко применяемого для моделирования плохо формализуемых и слабоструктурированных социально-экономических и социально-технических систем, к классу которых относятся высшие учебные заведения. К достоинствам когнитивных моделей относятся возможность выявления структуры каузальных связей между компонентами сложной слабоструктурированных систем, которые не поддаются количественному анализу традиционными методами, широкое использование опыта и знаний экспертов в конкретной предметной области, а также их наглядность.

Проведенный анализ источников [1–6] показал, что наиболее востребованным подходом к построению когнитивных моделей является аппарат нечеткого когнитивного моделирования (НКМ) и его разновидности, в том числе гибридные НКМ, объединяющие методы лингвистического, аналитического и статистического описания объекта исследования в сочетании с нейросетевыми, иерархическими, интервальными методами, генетическими алгоритмами и др. Качество когнитивной модели зависит от множества факторов, не всегда обеспечивается ее адекватность, а также выполнение требований по достоверности и точности, что в свою очередь отрицательно сказывается на результатах принятых решений.

В ходе разработки когнитивных моделей при построении и анализе проблемного поля ситуации, выявлении факторов, влияющих на развитие ситуации, формировании ее структуры, определении силы их влияния друг на друга и целевые факторы и др., широко

используется мнение экспертов, которое носит субъективный характер и требует верификации создаваемой модели для обеспечения необходимого качества моделирования.

Анализ существующих подходов к решению задач когнитивного моделирования показал отсутствие единого комплексного методического аппарата, что не всегда позволяет обеспечить адекватность когнитивной модели и выполнение требований по достоверности и точности результатов моделирования объекта исследования. С учетом сказанного, решаемая задача является актуальной.

В статье предложен методический аппарат когнитивного моделирования плохо формализуемых и слабоструктурированных систем, представляющий комплексное решение задачи на каждом этапе когнитивного моделирования на основе совокупности разработанных методик: методики построения проблемного поля ситуации; методики синтеза когнитивной карты, ее структурно-целевого анализа и анализа системных характеристик,

а также методики верификации когнитивной модели.

На основе проведенного анализа сформулированы и обоснованы требования к построению адекватных нечетких когнитивных моделей, реализующих расширенные возможности по анализу и моделированию объекта исследования.

1. Особенности математического аппарата когнитивного моделирования

На рис 1. представлен циклический процесс когнитивного моделирования, включающий совокупность этапов.

Укрупненно процесс когнитивного моделирования включает этапы: построения и анализа проблемного поля ситуации, на котором происходит формальное описание ситуации с привлечением экспертов, выявление факторов, влияющих на целевые показатели и определение их взаимосвязей, построения когнитивной карты ситуации и проведение ее анализа, исследования когнитивной модели путем получения прогноза развития ситуации или нахождения

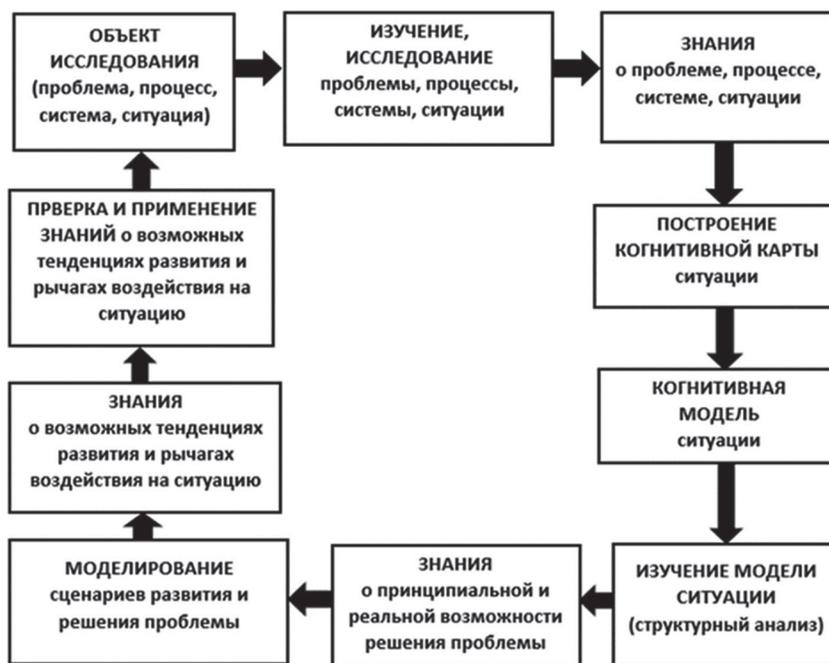


Рис. 1. Циклический процесс когнитивного моделирования [1]

Fig. 1. Cyclic process of cognitive modeling [1]

ния величины управляющего воздействия на выявленные факторы для получения ожидаемого результата.

Формализация процесса когнитивного моделирования может быть представлена следующим образом. На основе когнитивной карты KF , отражающей функционирование системы F строится модель развития системы, учитывающая ее особенности на основе выявления проблемных ситуаций и обоснования управляющих воздействий для их разрешения. При этом задается целевой образ исследуемой системы, определяющий желательные изменения состояния системы

$$C = (XC \times (XC)), \quad (1)$$

где XC – множество целевых факторов; $R(XC)$ – вектор оценок динамики факторов, которые определяют желательные (необходимые) направления изменения целевых факторов [2].

В общем случае когнитивная модель может быть представлена в виде кортежа:

$$M_S = \langle K_F(X_{внеш} \cup X_{внутр}), A, f_{KF}; C(X^C R(X^C)); \{AS^p(H^p_c, H^p_u)\}, X(0); G(0) \rangle, \quad (2)$$

где: $K_F(X_{внеш} \cup X_{внутр})$ – когнитивная карта ситуации, включающая множество внешних и внутренних факторов, влияющих на целевые факторы объекта исследования; $A = [a_{ij}]$ – матрица $N \times N$, определяющая взаимовлияние факторов x_i и x_j ; f_{KF} – функция, задающая правило изменения значений факторов; $AS^p(H^p_c, H^p_u)$ – множество субъектов p , которые влияют на ситуацию, H_c – множество факторов, относящихся к области интересов субъекта; H_u – множество факторов, на которые субъект может оказывать воздействие, $X(0)$ – начальное состояние ситуации; $G(0)$ – вектор дополнительных внешних воздействий субъекта на факторы при моделировании изменения ситуаций.

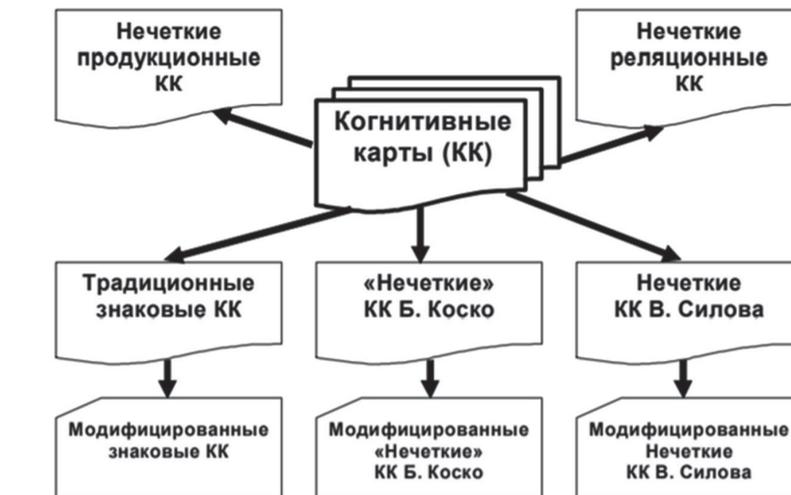


Рис. 2. Разновидности когнитивных карт [3]

Fig. 2. Varieties of cognitive maps [3]

Когнитивные модели позволяют решать два класса задач: динамического анализа развития ситуации путем определения величины необходимых воздействий на внешние и внутренние факторы для достижения заданного состояния целевого фактора и прогнозирования ситуации путем определения состояния целевого фактора при существующих воздействиях на внешние и внутренние факторы.

В настоящее время для моделирования СЭС используются разновидности когнитивных карт. На рис. 2 представлены существующие способы формирования когнитивных карт [3].

Выбор нечеткой когнитивной карты обосновывается следующими причинами. Классические когнитивные карты не всегда обеспечивают построение адекватной и достоверной математической модели из-за высокого уровня неопределенности взаимодействия компонентов объекта исследования. Они являются линейными и не в полной мере учитывают динамические свойства реальных систем, которые могут быть существенно нелинейными и нестационарными.

Существуют следующие разновидности НКК [4–10]: реляционные НКК, интервально-значные НКК, серые НКК,

грубые НКК, интуитивистские НКК, продукционные НКК, динамические НКК.

Сила связей между концептами НКК задается с помощью нечеткой лингвистической шкалы, представляющей собой упорядоченное множество лингвистических значений (термов) оценок силы связи. Использование нечетких когнитивных карт обеспечивает удобную интерпретацию причинно-следственных связей между концептами. Все это в совокупности обеспечивает построение более адекватной модели объекта исследования.

Задача анализа применительно к моделям на основе нечетких когнитивных карт выглядит следующим образом:

Получение прогноза развития ситуации (прямая задача) [11]:

Пусть заданы: когнитивная карта $G(V, W)$, где V – множество вершин, отражающих факторы ситуации, W – матрица смежности, отражающая взаимосвязи факторов; множество $\{Z_1, \dots, Z_n\}$ шкал всех факторов ситуации; начальное состояние ситуации $X(0) = (x_1(0), \dots, x_n(0))$; начальный вектор приращений факторов ситуации $P(0) = (p_1(0), \dots, p_n(0))$.

Необходимо найти состояния ситуации $X(1), \dots, X(n)$ и векторы приращений $P(1), \dots, P(n)$ в последовательные дис-

кретные моменты времени $\{1, \dots, n\}$, где $n = \|I\|$ для того, чтобы влияние исходного возмущения могло достичь всех вершин.

Прогноз развития ситуации определяется на основе матричного соотношения:

$$P(t+1) = P(t) \circ W \quad (3)$$

где \circ – правило max-product:

$$p_i(t+1) = \max_{j \in \text{mod}} (p_j(t)w_{ji}) \quad (4)$$

Приращение $p_i(t+1)$ представляет собой максимальную по модулю величину из $p_j(t)w_{ji}$, где максимум берется по всем факторам, входным для фактора v_i (для остальных факторов $w_{ji} = 0$).

При решении прямой задачи должны учитываться следующие существенные аспекты, связанные с нечеткой когнитивной картой:

- при анализе нечетких ситуаций интервалы времени также являются нечеткими, т.к. время реализации одного фактора на другой неизвестно и оценивается экспертно. Целевое состояние не вычисляется итеративно, а представляет собой обобщенную качественную оценку прогноза развития ситуации;

- в алгоритмах используются нечеткие матричные операции (композиции): max-product (сложение представляет собой взятие максимума, умножение – стандартно) или max – min (умножение представляет собой взятие максимума);

- при вычислении приращений и состояний ситуации вычисляются не только очередное значение приращения, но и степень уверенности (значение консонанса) его выбора (прогноза).

Задача нахождения величины управляющего воздействия (обратная задача):

В этом случае необходимо найти величину управляющего воздействия, которое обеспечит требуемое приращение

целевых факторов. Для определения степени влияния на целевые факторы применяется операция нечеткого транзитивного замыкания матрицы смежности W : $W' = \{w'_{ij}, = (w_{ij}), (w_{ij})^2, \dots, (w_{ij})^n\}$, где элемент $(w_{ij})^k$ матрицы W' ($k = 1, 2, \dots, n$) вычисляется из соотношения: $(w_{ij})^k = (w_{ii}(w_{ij})^{k-1})$.

Операция транзитивно-го замыкания заключается в получении результатов влияния факторов друг на друга не только непосредственно, но и через промежуточные факторы. В этом случае задача формулируется следующим образом. Пусть задана матрица транзитивного замыкания W' , отражающая причинно-следственные связи между факторами, и целевой вектор требуемых приращений целевых факторов $\overline{P}_{\text{тр}} = (\overline{P}_1, \overline{P}_2, \dots, \overline{P}_n)$. Необходимо найти множество векторов входных воздействий $\Omega = \{U\}$, таких, что для всех $U \in \Omega$ обеспечивается выполнение равенства $UW' = \overline{P}_{\text{тр}}$.

Поскольку когнитивные модели создаются экспертами на основе построения и анализа проблемного поля ситуации, выявления факторов, влияющих на развитие ситуации, формирования ее структуры, определения силы их влияния друг на друга и целевые факторы и др., они носят субъективный характер и требуют их верификации для обеспечения требуемого качества моделирования.

На основе проведенного анализа сформулированы требования к построению адекватных нечетких когнитивных моделей, реализующих расширенные возможности по анализу и моделированию объекта исследования:

- необходимость реализации нечеткого подхода на всех этапах построения когнитивной модели (формализации силы связи между концептами, аккумуляции силы влияния нескольких концептов на

один концепт, формализации процесса обучения НКК, а также моделирования системной динамики);

- формализация концептов должна предусматривать возможность их представления в четком и нечетком виде;

- используемый механизм нечеткого влияния между концептами должен соответствовать нечеткому отображению нечеткого множества значений входного концепта на нечеткое множество значений выходного концепта;

- при построении когнитивной модели необходимо учитывать отрицательные веса влияния между концептами, а также аккумуляцию влияния разных знаков;

- процедура аккумуляции влияний входных концептов на выходные должна иметь аддитивный характер и не зависеть от порядка учета отдельных факторов, т.е. иметь свойства коммутативности и ассоциативности.

2. Структурно-целевой анализ и верификация когнитивной модели

Проблема верификации занимает отдельное самостоятельное место в решении задачи когнитивного моделирования, т.к. она напрямую влияет на результаты работы когнитивной модели и обеспечивает ее точность, адекватность и достоверность.

Анализ источников, посвященных рассматриваемой проблематике, показал, что качество когнитивной модели обеспечивается путем решения следующих задач:

1. **Анализ достоверности (правдоподобности) когнитивной карты.** Нестрогий критерий правдоподобности структуры когнитивной карты представлен в работе [12]. Правдоподобной считается когнитивная карта, структура которой понятна пользователю и позволяет отразить реаль-

но существующие процессы. Такое представление с точки зрения психологии когнитивной карты носит название гештальт-образа (целостного представления предметной области на основе когнитивной модели). Формирование объективного гештальт-образа когнитивной карты достаточно сложная задача и напрямую связано с представлениями экспертов, которые носят субъективный характер.

2. **Анализ и выявление систематических ошибок разработчиков.** В работах [13, 14] рассмотрены следующие эвристические критерии оценки качества когнитивных карт, приводящие к ошибкам:

– **критерии достоверности НКК** (с учетом наличия факторов риска 1-го рода, связанных с экспертом, и рисков 2-го рода, связанных с «посредником» в передаче знаний и их последующей формализацией при описании проблемного поля ситуации:

– **критерий наличия нормальной формы для концепта K_i** означает, что он может быть естественно интерпретирован как концепт и как переменная, принимающая числовые и лингвистические значения на определенных шкалах. При выполнении этого критерия достигается ясность математической модели для конкретного фактора в виде математической модели;

– **критерий бесконтекстности понимания конструкций карты**, понятности связей в соответствии с семантикой, полноты влияния на концепт и соразмерности концептов по объему понятий. Бесконтекстность понимания конструкций карты (связей между факторами) подразумевает полное и однозначное понимание экспертом семантики этих связей без дополнительного контекста в рамках этой карты.

– **критерий соразмерности полноты влияний на фактор.** Критерий выполняется, если

не существует по мнению эксперта других факторов прямого влияния на фактор K_j ;

– **критерий соразмерности понятий факторов и нарушения транзитивности каузальных явлений.** Как известно, отношение R является транзитивным, если для любых троек A, B и C , таких, что пары (A, B) и (B, C) удовлетворяют ему, то и пара (A, C) также ему удовлетворяет, т.е. справедливо выражение [15]:

$$\forall a, b, c: aRb \wedge bRc \Rightarrow aRc \quad (5)$$

– **критерий взаимовлияния концептов НКК, консонанса и диссонанса (степень достоверности и недостоверности влияния).** С этой целью на основе исходной когнитивной матрицы, представляющей матрицу смежности графа когнитивной карты, рассчитывается **транзитивно замкнутая матрица** с помощью операции макстриангулярной композиции нечеткой каузальной алгебры, а также – характеристики НКК, анализ которых позволяет выделить из множества управляемых концептов группы способствующих и препятствующих концептов, с учетом степени их влияния на систему и достоверности (консонанса) этого влияния.

Для выявления опосредованного влияния концептов НКК друг на друга применяется операция транзитивного замыкания квадратной нечеткой матрицы весов концептов [16]:

$$\tilde{W} = W \cup W^2 \cup W^3 \cup \dots, \quad (6)$$

где степени нечетких матриц вычисляются на основе выполнения операции макстриангулярной композиции:

$$W^k = W^{k-1} \circ W^2 \quad (7)$$

Для выявления взаимовлияния концептов необходимо преобразовать исходную матрицу НКК с положительно-отрицательными нечеткими связями к нечеткой матрице положительных связей $R = \|r_{ij}\|_{2n \times 2n}$ размерностью $2n \times 2n$, элементы ко-

торой могут быть определены на основе матрицы $W = \|w_{ij}\|$, полученной на основе следующих правил:

если $w_{ij} > 0$, то элементы матрицы R определяются как:

$$r_{2i-1, 2j-1} = w_{ij}, r_{2i, 2j} = w_{ij}; \quad (8)$$

если $w_{ij} < 0$, то элементы матрицы R определяются как

$$r_{2i-1, 2j-1} = -w_{ij}, r_{2i, 2j} = -w_{ij}. \quad (9)$$

При этом остальные элементы матрицы имеют нулевые значения. Отношения взаимовлияния концептов определяются из результата транзитивного замыкания нечеткого отношения R :

$$\tilde{R} = \bigcup_{i=1}^n R^i = R \cup R^2 \cup \dots \cup R^n, \quad (10)$$

где n – число концептов.

На основе полученной матрицы \tilde{R} можно перейти к транзитивно замкнутой матрице V с элементами, представляющими пары (v_{ij}, \tilde{v}_{ij}) , где v_{ij} определяет силу положительного влияния i -го концепта на j -й, а \tilde{v}_{ij} силу отрицательного влияния в соответствии с выражениями:

$$v_{ij} = \max(r_{2i-1, 2j}, r_{2i, 2j}), \quad (11)$$

$$\tilde{v}_{ij} = -\max(r_{2i-1, 2j-1}, r_{2i, 2j-1}) \quad (12)$$

Элементы матрицы $V = \|v_{ij}, \tilde{v}_{ij}\|$ характеризуют динамику моделируемой системы и характеризуют степень достижения одной или нескольких целей моделирования.

На основе полученной матрицы рассчитываются основные системные и интегральные показатели НКК для анализа модели [16]:

– **взаимный консонанс,**

– **взаимный диссонанс,**

– **степень положительного и отрицательного взаимовлияния концептов и целевого показателя системы** (в нашем случае – рейтинг университета).

Консонанс влияния i -го концепта на j -й рассчитывается по формуле:

$$c_{ij} = \frac{|v_{ij} + \tilde{v}_{ij}|}{|v_{ij}| + |\tilde{v}_{ij}|} \quad (13)$$

Диссонанс определяется как нечёткое дополнение консонанса:

$$d_{ij} = 1 - c_{ij} \quad (14)$$

Величина воздействия i -го концепта на j -й определяется по формуле:

$$p_{ij} = \operatorname{sgn}(v_{ij} + \tilde{v}_{ij}) \max(|v_{ij}|, |\tilde{v}_{ij}|), \quad |v_{ij}| \neq |\tilde{v}_{ij}| \quad (15)$$

В качестве итогового влияния между концептами принимается максимальное по модулю значение величины влияния.

Консонанс влияния i -го концепта на систему:

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{|v_{ij} + \tilde{v}_{ij}|}{|v_{ij}| + |\tilde{v}_{ij}|} \quad (16)$$

где c_{ij} — консонанс влияния i -го концепта на j -й.

Консонанс влияния системы на j -й концепт:

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n c_{ji} \quad (17)$$

Аналогичным образом рассчитывается диссонанс влияния i -го концепта на систему:

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (18)$$

Диссонанс влияния системы на j -й концепт

$$D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ji} \quad (19)$$

Значения рассчитанных системных показателей могут быть сведены в таблицу и проанализированы с целью выбора наиболее предпочтительного сценария приращения наиболее значимых факторов (концептов) для получения желаемого результата.

Предложенный комплекс критериев достоверности построенной НКК основан на понятии когнитивной ясности, которая определяет простоту представления и понимания структуры НКК.

3. **Анализ уровня устойчивости** характеризуется близостью реального состояния объекта к состоянию равновесия [17]. Применительно к

взвешенным и ориентированным графовым моделям НКК под устойчивостью понимается **устойчивость по значению** и **устойчивость по возмущению системы** по мере ее эволюции. Выделяют понятие **структурной устойчивости**, которое по мнению авторов работы [18] является центральным показателем устойчивости НКК, под которой понимается выявление качественных изменений в траектории движения системы при изменениях ее структуры, т. е. рассматривается группа или класс исследуемых систем, близких к некоторой стандартной системе, поведение которой хорошо исследовано.

В работе [19] предложено устойчивость рассматривать с двух позиций: **абсолютная устойчивость** состояний концептов НКК и **относительная устойчивость** значений импульсов, воздействующих на эти концепты:

– концепт u_j взвешенного орграфа D абсолютно устойчив, если последовательность изменения ее состояний $\{v_j(t): t = 0, 1, 2, \dots\}$ является ограниченной;

– концепт u_j взвешенного орграфа D импульсно устойчив, если последовательность изменения ее состояний $\{p_j(t): t = 0, 1, 2, \dots\}$ является ограниченной;

– взвешенный орграф D является абсолютно (импульсно) устойчивым в автономном импульсном процессе, если этим свойством обладает каждый его концепт.

Однако, такой подход является достаточно громоздким и трудоемким поэтому на практике целесообразно определять **устойчивость НКК характером ее обратных связей** на основе анализа циклов отрицательной и положительной обратной связи [20]. В этом случае **условием устойчивости НКК** является наличие нечетного числа циклов отрицательной обратной связи, а условием неустойчивости – наличие

четного числа циклов положительной обратной связи.

4. **Анализ применения метода «как-объяснений» прогноза развития ситуации** [21], суть которого заключается в описании последовательности процесса получения прогнозных значений факторов в виде цепочки сработавших в вершинах (концептах) когнитивной карты правил и определении приращений всех факторов, включенных в объясняющую цепочку, что обеспечивает понимание процессов в когнитивной карте. Для нахождения объясняющих цепочек применяются алгоритмы поиска путей в графе, алгоритмы поиска кратчайшего пути Дейкстры и др.

5. **Анализ интерпретируемости НКК.** Под интерпретируемостью когнитивной модели понимают прозрачность ее функционирования и способность отражать поведение моделируемой системы [22]. Указанный показатель необходим для анализа НКК с большим количеством концептов и связей между ними, что существенно затрудняет их восприятие и понимание. В работе [23] показано, что интерпретируемость рассматривается в двух аспектах: выборе **адекватных и понятных средств моделирования** и выборе **адекватных и понятных оценок экспертов**.

Важной задачей при анализе сценариев моделирования НКК для конкретного объекта исследования и обеспечения их достоверности является использование критериев сравнительного анализа на основе различных метрик. В работе [24] обосновано применение следующих метрик:

- на основе анализа контента;
- на основе анализа показателей структурной сложности;
- на основе анализа динамики поведения НКК.

Указанные метрики позволяют оценить характер изменения состояния НКК во времени.

К мерам по повышению интерпретируемости можно отнести использование **системных характеристик** построенной когнитивной модели, которые представлены в п. 6.

6. Анализ системных характеристик когнитивной модели.

Анализ НКК выполнен на основе ряда **ключевых характеристик (показателей) $P_1 - P_7$** , позволяющих определить насколько разработанная модель отражает когнитивные аспекты (процессы анализа, восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания объекта исследования и его функционирования), в том числе аспекты сценарного прогнозирования его развития в условиях воздействующих факторов и внешней среды [25]:

6.1. Плотность P_1 (коэффициент кластеризации) D отражающий степень связности НКК:

$$D = \frac{C}{N(N-1)}, \quad (20)$$

где C – общее число связей в НКК;

N – общее число переменных в НКК.

Высокий уровень плотности характеризует наличие достаточно большого количества каузальных связей между концептами.

6.2. Тип переменных P_2 (передатчики, приемники, обычные переменные) отражает соотношение переменных между собой и обеспечивает восприятие и понимание структуры НКК. Типы переменных выявляются с помощью показателей исходящей (od_i) и входящей (id_i) центральности. Различие между типами переменных заключается в следующем: переменные-передатчики характеризуются положительной исходящей центральностью (od_i) и нулевой входящей центральностью (id_i). Переменные-приемники имеют положительную входящую центральность (id_i) и нулевую исходящую центральность

(od_i). Обычные переменные характеризуются ненулевой исходящей (od_i) и входящей центральностью (id_i).

6.3. Исходящая центральность od_i , (P_3). Сумма по строке в матрице смежности НКК. Показатель означает суммарную силу связей, выходящих из рассматриваемого концепта.

$$od_i = \sum_{k=1}^N a_{ik}, \quad (21)$$

где a_{ik} – сила связей, выходящих из i -го концепта; N – число связей.

6.4. Входящая центральность id_i , (P_4). Сумма по столбцу в матрице смежности НКК. Показатель означает суммарную силу связей, входящих в рассматриваемый концепт.

$$id_i = \sum_{k=1}^N a_{ki}, \quad (22)$$

где a_{ik} – сила связей, входящих в i -й концепт; N – число связей.

6.5. Общая центральность переменной td_i , (P_5), представляющая собой сумму входящей и исходящей центральности:

$$td_i = od_i + id_i. \quad (23)$$

Общая центральность иллюстрирует совокупные связи концепта K_i с другими концептами и их силу, т. е. какие связи вносят наибольший вклад.

6.6. Соотношение числа переменных – приемников и переменных – передатчиков (R/T), P_6 . Показатель позволяет оценить сложность НКК по соотношению количества переменных – приемников и переменных – передатчиков.

6.7. Индекс иерархии h , (P_7)

$$h = \frac{12 - \delta_{od}^2}{N^2 - 1}, \quad (24)$$

где

$$\delta_{od}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (od_i - \mu_{od})^2}{N}, \quad \mu_{od} = \frac{\sum_{i=1}^N od_i}{N}. \quad (25)$$

В случае, когда $h = 1$, исследуемая система является *полностью иерархической*, когда $h = 0$ – *полностью демократической*. Демократические системы вследствие высокого уровня интеграции и связности являются более адаптивными к изменениям внешней среды.

3. Анализ возможности обучения когнитивной карты

Важное место в решении задач обеспечения качества и адекватности КК имеет возможность обучения КК, которое заключается в корректировке силы взаимосвязей между концептами или их параметрической настройке. Применение алгоритмов обучения позволяет улучшить системные когнитивной карты, степень ее адекватности исследуемому объекту, что обеспечивает получение более достоверного и точного решения.

В связи со структурным подобием нейросетей и НКК возможно использование результатов теории обучения искусственных нейросетей для решения задачи обучения НКК. В качестве обучающей выборки возможно использование исторических данных по изменению концептов НКК. Обучение НКК заключается в решении задачи обновления каузальных связей путем их более точной настройки. В работах [26,27] предложен подход на основе дифференциального правила Хебба. В работе [28] предложен подход к обучению НКК методом обучения без учителя. В работе [29] используется алгоритм, основанный на эволюционных вычислениях, где стратегии эволюции используются для определения конфигурации исследуемой системы. В работах [30,31] рассмотрена гибридная когнитивная карта, состоящая из комбинации нечеткой когнитивной карты и нейро-нечеткой сети.

4. Обобщенная методика оценки и управления качеством моделей СЭС (университета)

Проведенный анализ позволил разработать и обосновать обобщенную методику обеспечения качества когнитивной модели и оценки ее показателей на всех этапах ее построения. По результатам анализа разработана общая концептуальная схема методики, включающая совокупность частных методик, реализуемых на различных этапах моделирования (рис. 3).

Выделены следующие ключевые этапы, входящие в концептуальную схему когнитивного моделирования:

1. Идентификации факторов, их взаимосвязей и построения проблемного поля ситуации.

2. Синтеза когнитивной карты и ее структурно-целевого анализа.

3. Верификации когнитивной модели.

На 1-м этапе разработана **частная методика построения проблемного поля ситуации**. На этом этапе решается задача извлечения и структуризации знаний о ситуации, выполняется сбор статистической и экспертной информации, идентификация факторов, влияющих на целевые показатели и др. От качества формирования проблемного поля ситуации зависит адекватность полученной модели. При решении задачи выявления применяется SWOT-анализ, который предполагает глубокий анализ объекта исследования, обеспечивает максимально объективную его оценку с точки зрения сильных (положительных) сторон и слабых (отрицательных) сторон внешней и внутренней среды, а также возможностей и угроз.

При построении проблемного поля ситуации для структуризации знаний использован

объектно-структурный подход [32], согласно которому анализ и представление знаний осуществляется в нескольких аспектах (стратах): стратегическом, организационном, концептуальном, функциональном, пространственном, временном, каузальном и экономическом.

Несмотря на универсальность подхода на основе SWOT-анализа, он обладает рядом следующих недостатков [2]:

– в результате проведенного ситуационного анализа разработчик получает статические характеристики, которые, в отличие от динамических характеристик ситуации, не позволяют получить объективную картину объекта исследования;

– типовая процедура SWOT-анализа учитывает влияние внешней среды на объект исследования, но не учитывает возможность влияния самого объекта на среду, опосредованное влияние объекта самого на себя через внешнюю среду, а также взаимодействие между факторами внешней среды (возможностями и угрозами) в интересах развития;

– полученная SWOT-матрица, включающая множество разнородных факторов, не позволяет однозначно оценить природу из взаимосвязей, а также наиболее значимые факторы с учетом их корреляции.

В связи с этим предложено использовать для выявления таких связей подход на основе методов корреляционно – регрессионного анализа, а для определения наиболее значимых факторов – метод факторного анализа. В работе [33] представлено решение задачи идентификации латентных факторов, влияющих на целевые показатели деятельности университета, на основе разработанного подхода.

В условиях достаточно большого количества факторов, приводящего к усложнению модели, необходимо снижать

МЕТОДИКА КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА



Рис. 3. Методика когнитивного моделирования
Fig. 3. Cognitive modeling technique

ее размерность за счет редукции факторного пространства путем выделения релевантных факторов на основе методов факторного анализа.

Разработанная методика включает следующие шаги:

Шаг 1. Проведение анализа внешних и внутренних факторов, влияющих на целевые показатели и сведение их в две группы: внешние и внутренние. Декомпозиция внешних и внутренних факторов на совокупность частных (единичных) факторов и их структурирование. Проведение глубокой диагностики объекта исследования на основе SWOT-анализа:

а) Формирование списка сильных и слабых сторон;

б) Формирование списка рисков (опасностей) и возможностей;

в) Выявление связей между различными элементами списков;

г) Регистрация результатов анализа в табличной форме.

Шаг 2. Структуризация знаний экспертов с использованием проблемного поля знаний, построение и выявление на основе метода экспертных оценок совокупности единичных факторов, оценка степени их влияния на целевые показатели.

Шаг 3. Выявление статистической связи (корреляции) и определение силы связи между базовыми показателями объекта исследования и главным показателем на основе методов корреляционно-регрессионного анализа.

Процедуры корреляционного анализа:

а) Построение матрицы корреляции базовых показателей объекта исследования и главного показателя.

б) Расчет коэффициентов попарной корреляции базовых показателей и главного показателя с использованием критерия Пирсона.

в) Оценка тесноты связей коэффициентов корреляции.

г) Расчет коэффициентов детерминации (мера изменчиво-

сти главного показателя от изменения базового показателя).

Результатом корреляционно-регрессионного анализа является определение степени влияния базовых показателей на главный показатель объекта исследования и тесноты их взаимосвязей.

Шаг 4. Применение метода главных компонент с целью редукции большого числа связанных между собой (зависимых, коррелирующих) переменных, так как большое количество переменных существенно затрудняет анализ и интерпретацию полученных результатов.

Процедуры факторного анализа:

а) построение корреляционной матрицы системы переменных путем расчета коэффициентов линейной корреляции Пирсона.

б) Построение факторной модели как линейной комбинации общих факторов F_1, F_2, \dots, F_n и частного фактора U_i :

$$x_i = \sum_{k=0}^n a_{ik} F_k + U_i \quad (26)$$

где x_i – переменная, $i = 1, m$, (m – количество переменных); n – количество факторов; $n < m$, a_{ik} – факторная нагрузка (коэффициент корреляции между исходными; F_k – общий фактор, $k = 1, n$; U_i – частный фактор.

в) Вычисление главных компонент (определение собственных векторов и собственных значений $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$ корреляционной матрицы исходных данных) при условии $|\alpha_{ij}| > 0,7$.

г) Сокращение размерности пространства $Y = (y_1, y_2, \dots, y_k)$ посредством отсека неинформативных переменных с использованием критерия Кайзера, в соответствии с которым считается, что те факторы, у которых этот показатель меньше 1, 0, не вносят значительного вклада в объяснение результата.

д) Интерпретация полученных результатов на основе Варимакс-метода.

е) Извлечение факторов и расчет факторных нагрузок, являющихся основным предметом интерпретации на основе метода компонентного анализа (метод главных компонент) главных факторов и максимального правдоподобия.

Результатом применения математического аппарата факторного анализа явилось снижение размерности числа используемых переменных за счет их объяснения меньшим числом факторов и группирование, а также структурирование полученных данных.

Принято считать, что при обоснованном факторном решении выбирают столько факторов, чтобы они в сумме объясняли не менее 70–75% дисперсии. В отдельных случаях этот показатель может достигать 85–90%. Матрица факторных нагрузок иллюстрирует силу связи переменной с фактором. Чем выше факторная нагрузка по абсолютной величине, тем выше сила связи.

Т.о. разработанная методика позволила выявить наиболее значимые факторы, оказывающие наибольшее влияние на целевые показатели.

К отличительным особенностям разработанной методики относятся: возможность выявления силы связей между факторами на основе методов статистического анализа, а также возможность выявления наиболее значимых факторов, их группирование и снижение размерности когнитивной модели.

На 2-м этапе разработана частная методика синтеза адекватной когнитивной модели и ее структурно-целевого анализа с учетом требований по достоверности и точности. Анализ существующих подходов, обеспечивающих повышение качества синтезируемой когнитивной модели, позволил выделить следующие ключевые задачи с учетом их реализуемости:

– **Анализ и выявление систематических ошибок разработчиков**, на основе которого рассчитываются основные системные и интегральные показатели НКК для анализа разработанной модели: *взаимный консонанс, взаимный диссонанс, степень положительного и отрицательного взаимовлияния концептов и целевого показателя системы; оценка уровня структурной устойчивости, определяемой характером ее обратных связей.*

– **Анализ системных характеристик когнитивной модели** (плотность, тип переменных, центральность (исходящая, входящая, общая), соотношение числа переменных – приемников и переменных – передатчиков, индекс иерархии).

С учетом рассмотренных ключевых задач разработана методика синтеза адекватной когнитивной модели и обеспечения ее интерпретируемости, включающая следующие шаги:

Шаг 1. Построение исходной когнитивной матрицы W , представляющей матрицу смежности графа когнитивной карты.

Шаг 2. Применение операции транзитивного замыкания квадратной нечеткой матрицы весов концептов: $\tilde{W} = W \cup W^2 \cup W^3 \dots$, где степени нечетких матриц вычисляются на основе выполнения операции макстриангулярной композиции: $W^k = W^{k-1} \circ W$.

Шаг 3. Преобразование исходной матрицы НКК с положительно-отрицательными нечеткими связями к нечеткой матрице положительных связей $R = \|r_{ij}\|_{2n \times 2n}$ размерностью $2n \times 2n$, элементы которой определяются на основе матрицы $W = \|w_{ij}\|$, полученной на в соответствии с правилами: если $w_{ij} > 0$, то элементы матрицы R определяются по формуле: $r_{2i-1, 2j-1} = w_{ij}$, $r_{2i, 2j} = w_{ij}$; если $w_{ij} < 0$, то – по формуле $r_{2i-1, 2j-1} = -w_{ij}$, $r_{2i, 2j} = -w_{ij}$.

Шаг 4. Определение отношения взаимовлияния

концептов на основе результатов транзитивного замыкания нечеткого отношения R : $\tilde{R} = \bigcup_{i=1}^n R^i = R \cup R^2 \cup \dots \cup R^n$, где n – число концептов.

Шаг 5. Переход к транзитивно замкнутой матрице V с элементами, представляющими пары (v_{ij}, \tilde{v}_{ij}) , где v_{ij} – сила положительного влияния i -го концепта на j -й, $v_{ij} = \max(r_{2i-1, 2j}, r_{2i, 2j})$; а \tilde{v}_{ij} – сила отрицательного влияния $\tilde{v}_{ij} = -\max(r_{2i-1, 2j}, r_{2i, 2j-1})$. Элементы матрицы $V = \|v_{ij}, \tilde{v}_{ij}\|$ характеризуют динамику моделируемой системы и степень достижения целей моделирования.

Шаг 6. Расчет основных системных и интегральных показателей НКК для анализа модели в соответствии с формулами (13)–(19). Полученные значения сводятся в таблицу, на основе которой может быть выбран предпочтительный сценарий приращения наиболее значимых факторов.

Шаг 7. Анализ уровня структурной устойчивости на основе анализа циклов отрицательной и положительной обратной связи. **Условием устойчивости НКК** является наличие нечетного числа циклов отрицательной обратной связи, а условием неустойчивости – наличие четного числа циклов положительной обратной связи. При невыполнении условия устойчивости – переход к этапу 1, корректировка когнитивной карты (идентификация факторов и выявление силы связей) [20].

Шаг 8. Включает процедуры расчета и анализ следующих системных характеристик когнитивной модели P_1 – P_7 в соответствии с формулами (20)–(25):

Полученные в результате реализации методики результаты позволяют проанализировать свойства разработанной модели и оценить ее адекватность.

Задавая требуемые значения соответствующих показате-

телей, можно корректировать полученную модель, обеспечивая приближение свойств разработанной модели к динамическим свойствам реальной системы.

На основе проведенного анализа и выявления систематических ошибок разработчиков когнитивной карты, а также анализа системных характеристик когнитивной модели синтезирована адекватная когнитивная модель, отражающая динамические характеристики реального объекта исследования.

На 3-м этапе (верификации когнитивной модели) предложено использование критериального подхода, включающего решение задачи уменьшения или блокировки рисков снижения достоверности (возможности полагаться (доверять) результатам когнитивного моделирования) и точности получаемых результатов (степени отклонения результатов моделирования от реальных значений показателей объекта исследования) [34].

Проведенный анализ показал, что показатели достоверности в предметной области когнитивного моделирования очень тесно связаны с человеческим фактором, влияющим на значения экспертных оценок при решении задач на всех этапах когнитивного моделирования, начиная от ранних этапов формализации при построении проблемного поля ситуации, параметрической идентификации когнитивной карты, проведения ее структурно-целевого анализа и решения прямой или обратной задачи.

Критериальный подход предполагает наличие открытой системы частных критериев достоверности и точности, обеспечивающих снижение величины рисков получения некорректной оценки достоверности и точности разработанной когнитивной модели.

При использовании экспертных оценок в ходе постро-

ения нечеткой когнитивной модели выделяются следующие типы рисков [35]:

– риски некорректной формализации предметной области при построении проблемного поля ситуации;

– риски ложного определения причинно-следственных связей между факторами (ложная транзитивность), связанные с некорректным определением степени общности между факторами;

– риск некорректной математической интерпретации смысла взаимосвязей между факторами, что приводит к ошибочной оценке ее величины;

– риски некорректного принятия допущений, приводящих к получению грубых оценок.

Повышение достоверности и точности НКК обеспечивается путем реализации следующих подходов:

– обучение когнитивной модели, обеспечивающее объективную параметрическую идентификацию НКК;

– применение метода «как-объяснения» НКК, обеспечивающего построение цепочки объяснения процесса получения результата когнитивного моделирования.

В качестве системы частных показателей обосновано использование показателей, которые носят качественный характер, их измерение осуществляется с привязкой к балльной шкале и указанием порогового значения каждого показателя).

Разработанная частная методика верификации включает следующие шаги:

Шаг 1. Оценка показателя достоверности формализации НКК (выявление факторов риска 1-го рода: (факторы, влияющие на корректное описание реальных свойства объекта исследования, ограничения на применение средств формализации и др.) и факторы риска 2-го рода (факторы, связанные

с ограничением по применению того или иного метода анализа и оценки объекта исследования и др.). Показатель выполняется при наличии рисков ниже заданного порога, иначе – пересмотр формального представления НКК;

Шаг 2. Оценка показателя наличия нормальной формы для концепта K_i (нормальная форма – естественно интерпретируемая математическая модель, описывающая концепт K_i в виде числовых и лингвистических оценок). Показатель выполняется при наличии нормальной формы концепта K_i , иначе – пересмотр его формального описания;

Шаг 3. Оценка показателя бесконтекстности понимания конструкций карты выполняется при полном и однозначном понимании экспертом семантики связей между факторами без дополнительного контекста в рамках этой карты, иначе – пересмотр формального поля ситуации.

Шаг 4. Оценка показателя соразмерности полноты влияний на фактор (выполняется, если не существует по мнению эксперта других факторов прямого влияния на фактор K_i , иначе – пересмотр взаимосвязей между факторами и степени их влияния).

Шаг 5. Оценка показателя соразмерности понятий факторов и нарушения транзитивности каузальных явлений (выполняется при справедливости равенства $\forall a, b, c: aRb \wedge bRc \Rightarrow aRc$ (отношение R транзитивно, если для любых троек A, B и C , таких, что пары (A, B) и (B, C) удовлетворяют ему, то и пара (A, C) также ему удовлетворяет), иначе – пересмотр взаимосвязей между факторами и степени их влияния).

Шаг 6. Оценка взаимовлияния концептов НКК, консонанса и диссонанса.

Анализ результатов, полученных на шаге 6 методики синтеза адекватной когнитивной модели и ее структурно-це-

левого анализа (выполняется, если полученные результаты обеспечивают когнитивную ясность, то есть не противоречат реальному объекту исследования, иначе – корректировка когнитивной карты).

Шаг 7. Анализ результатов применения метода «как-объяснений» прогноза развития ситуации (выполняется, если построенные поясняющие цепочки обеспечивают понимание процессов в разработанной когнитивной карте, иначе – корректировка когнитивной карты).

Шаг 8. Анализ интерпретируемости НКК (выбор адекватных и понятных средств моделирования и выбор адекватных и понятных оценок экспертов)

(выполняется, если выбраны адекватные и понятные средства моделирования и оценки экспертов, иначе – пересмотр выбранных средств моделирования и оценок экспертов).

Использование разработанной методики позволяет получить результат верификации когнитивной модели и приступить к этапу сценарного моделирования, включающем следующую последовательность подэтапов:

1. Задание горизонта прогнозирования и исходных значений факторов.

2. Задание начальных импульсных воздействий, отражающих количественные изменения внутренних и/или внешних факторов модели процесса, а также количественный результат управленческих воздействий на некоторые факторы.

3. Проведение расчетов динамики факторов и получение тенденций изменения факторов модели.

4. Содержательная интерпретация результатов моделирования.

5. Представление полученных результатов в графическом и табличном виде.

6. Анализ тенденций изменения факторов процесса;

7. Проведение анализа устойчивости развития процесса (ситуации) в каждом сценарии на основе графической информации.

8. Сравнительный анализ сценариев развития процесса и определение наиболее эффективного, в соответствии с выбранным критерием.

5. Сравнительный анализ разработанной методики с существующими

В ходе исследований был проведен сравнительный анализ результатов моделирования на основе существующих подходов и разработанной методики для различных типов когнитивной модели (на основе классической НКК, серой НКК и ансамбля серых НКК), результаты которого представлены в табл. 1.

К особенностям серых НКК относится возможность представления силы связей между концептами с помощью специальных конструкций в виде интервальных оценок. В этом случае существенно снижается погрешность в оценке силы связей между концептами, которая носит выраженный субъективный характер и не сводится к некоторой усредненной точечной числовой величине, а представляется в виде интервальных значений. Подход на основе ансамбля серых НКК, в котором реализовано несколько вариантов формализации знаний и опыта экспертов, а также метода взвешенного голосования, позволяет получить более точный результат по сравнению с единичной НКК.

В качестве показателя достоверности использовался критерий уменьшения рисков снижения достоверности как возможности полагаться (доверять) результатам когнитивного моделирования на основе экспертных оценок.

Таблица 1 (Table 1)

Сравнительная оценка результатов сценарного прогнозирования на основе существующих подходов и разработанной методики

Comparative evaluation of the results of scenario forecasting based on existing approaches and developed methodology

№ п/п	Тип когнитивной модели	Оценка показателя достоверности в %		Средняя ошибка прогнозирования в %	
		Существующий подход	Предлагаемый методический аппарат	Существующий подход	Предлагаемый методический аппарат
1.	НКК	17,3	12,4	14,1	11,2
2.	Серая НКК	14,6	11,8	11,7	9,8
3.	Ансамбль серых НКК	10,4	9,3	8,2	6,4

В качестве показателя точности получаемых результатов, как степени отклонения результатов моделирования от реальных значений показателей объекта исследования, использовалось тестирование на ретроспективном периоде 2014–2021 гг. на основе имеющихся статистических данных по измеримым факторам модели. Общая корректность модели на этом этапе подтвердилась степенью близости рассчитанных на модели темпов прироста целевых факторов к действительным темпам их прироста. Предлагаемый методический аппарат подтвердил свою эффективность по сравнению с существующими подходами.

Заключение

Разработан методический подход к решению задачи оценки и управления качеством моделей социально-экономической системы (университета). Проведен детальный анализ существующих критериев и подходов к решению задачи верификации когнитивных моделей, который показал отсутствие единой методики и комплексного подхода в решении задач когнитивного моделирования СЭС на основе когнитивных карт.

Новизна предлагаемого подхода заключается в раз-

работке методического подхода к оценке и управлению качеством моделей, отличающегося комплексным решением поставленной задачи на каждом этапе когнитивного моделирования с помощью совокупности методик: методики построения проблемного поля ситуации; методики синтеза когнитивной карты, ее структурно-целевого анализа и анализа системных характеристик, а также методики верификации когнитивной модели.

На основе проведенного анализа сформулированы и обоснованы требования к построению адекватных нечетких когнитивных моделей, реализующих расширенные возможности по анализу и моделированию объекта исследования.

Отличительными особенностями применения разработанного методического аппарата является то, что он позволяет:

- на основе применения методов корреляционно-регрессионного и факторного анализа выявить релевантные факторы и их структурировать, а также снизить размерность когнитивной модели;

- на основе структурно-целевого анализа и выявления систематических ошибок разработчиков когнитивной карты, а также анализа системных характеристик когнитивной карты синтезировать адек-

ватную когнитивную модель, отражающую динамические характеристики реального объекта исследования;

– на основе критериального подхода, включающего открытую систему частных критериев и показателей достоверности и точности, позволяющих снизить величину рисков получения некорректной оценки достоверности и точности разработанной когнитивной модели за счет влияния субъективных факторов, провести ее верификацию, состоящую из

совокупности упорядоченных процедур, обеспечивающих повышение качества моделирования и получение объективных результатов.

Среди возможных направлений дальнейших исследований наибольший интерес представляют:

– обоснование и формализация требований к методам экспертной идентификации параметров когнитивной модели с целью снижения рисков, связанных с ошибками экспертов и разработчиков, а

также методам ее обучения;

– разработка и обоснование формализованных подходов к выявлению латентных факторов, влияющих на целевые показатели объекта исследования;

– разработка и обоснование формализованных методов валидации построенной и верифицированной когнитивной модели применительно к функционированию объекта исследования при определенных ограничениях и наборах исходных данных.

Литература

1. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления. 2007. № 3. С. 2–8.
2. Авдеева З. К., Коврига С. В. Подход к постановке задач управления на когнитивной модели ситуации для стратегического мониторинга // Управление большими системами. 2016. № 5. С. 120–146.
3. Пылькин А.Н., Крошилин А.В., Крошилина С.В. Проектирование систем поддержки принятия решений для оценки состояния здоровья пациентов в условиях неопределенности // Информатика и системы управления. 2010. № 4(26). С. 82–94.
4. Федулов А.С. Нечеткие реляционные когнитивные карты // Известия РАН. Теория и системы управления. 2005. № 1. С. 120–132.
5. Hajek P., Prochazka O. Interval-Valued Fuzzy Cognitive Maps for Supporting Business Decisions // In Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Vancouver, BC, Canada. 2016. С. 531–536.
6. Salmeron J.L. Modelling Grey Uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps // Expert Systems with Applications. 2010. Т. 37. № 12. С. 7581–7588.
7. Espinosa M.L., Depaire B., Vanhoof K. Fuzzy Cognitive Maps with Rough Concepts // Proc. of the 9th Intern. Conf. on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI'2013). Paphos, Greece. 2013. С. 527–536.
8. Papageorgiou E.I., Iakovidis D.K. Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps // IEEE Trans. on Fuzzy Systems. 2013. Т. 21. № 2. С. 342–354.
9. Carvalho J.P., Tome J.A.V. Rule Based Fuzzy Cognitive Maps: Fuzzy Causal Relations. In: Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation: Evolutionary Computation & Fuzzy Logic for Intelligent Control, Knowledge Acquisition & Information Retrieval / Edited by M. Mohammadian, IOS Press. 1999.
10. Miao Y., Liu Z.-Q., Siew Ch.Y. Dynamical Cognitive Network – an Extension of Fuzzy Cognitive Map // IEEE Trans. on Fuzzy Systems. 2001. Т. 9. № 5. С. 760–770.
11. Кузенцов О.П. Когнитивное моделирование слабо структурированных ситуаций [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://posp.raai.org/data/posp2005/Kuznetsov/kuznetsov.html> (Дата обращения: 20.10.2021).
12. Eden C. Cognitive mapping // European Journal of Operational Research. 1988. № 36. С. 1–13.
13. Абрамова Н.А., Коврига С.В. Некоторые критерии достоверности моделей на основе когнитивных карт // Проблемы управления. 2008. № 6. С. 23–33.
14. Абрамова Н.А., Коврига С.В. О рисках, связанных с ошибками экспертов и аналитиков // Проблемы управления. 2006. № 6. С. 60–67.
15. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Т. 24. С. 65–75.
16. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО–РЕС, 1995.
17. Кизим Н.А., Хаустова В.Е. Особенности проверки моделей на основе когнитивных карт на устойчивость и достоверность. В кн. Современные подходы к моделированию сложных социально-экономических систем. Харьков: ФЛП Александрова К. М.; ИД «ИНЖЭК», 2011. 280 с.
18. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет, 2005. 288 с.
19. Корнеев В.В., Ганеев А.Ф., Васютин С.В., Райх В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. М.: Издательство политики, 2001. 496 с.
20. Борисов В.В., Бычков И.А., Дементьев А.В., Соловьев А.П., Федулов А.С. Ком-

пьютерная поддержка сложных организационно-технических систем. М.: Горячая линия – Телеком, 2002. 154 с.

21. Поспелов Д.А. Десять «горячих точек» в исследованиях по искусственному интеллекту // Интеллектуальные системы (МГУ). 1996. Т. 1. № 1(4). С. 47–56.

22. Леденёва Т.М., Моисеев С.А. Формализация свойств интерпретируемых лингвистических шкал и термов нечетких моделей // Прикладная информатика. 2012. № 4(40). С. 126–132.

23. Vallido A., Martin-Guerrero J.D., Lisboa P.J.G. Making machine learning models interpretable // Proc. of European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning (25-27 April 2012, Bruges) Belgium: Bruges. 2012. С. 163–172.

24. Yoon B.S., Jetter A.J. Comparative analysis for Fuzzy Cognitive Mapping // Proc. of 2016 Portland Intern. Conf. on Management of Engineering and Technology (PICMET). 2016. С. 1897–190.

25. Özesmi U., Özesmi S. L. Ecological Models Based on People’s Knowledge: a Multi-Step Fuzzy Cognitive Mapping Approach // Ecological Modelling. 2004. № 176. С. 43–64.

26. Kosko B. Fuzzy Engineering. New Jersey: Prentice-Hall. 1997.

27. Aguilar J. Adaptive random fuzzy cognitive maps // Ibero-American Conference on Artificial Intelligence. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002. С. 402–410.

28. Kosko B. Neural networks and fuzzy systems: A dynamical systems approach to machine intelligence. 1992. 290 p.

29. Koulouriotis D.E., Diakoulakis I.E., Emiris D.M. Learning fuzzy cognitive maps using evolution strategies: a novel schema for modeling

and simulating high-level behavior // Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No. 01TH8546). 2001. Т. 1. С. 364–371.

30. Аверкин А.Н., Ярушев С.А., Павлов В.Ю. Когнитивные гибридные системы поддержки принятия решений и прогнозирования // Программные продукты и системы. 2017. Т. 30. № 4. С. 632–642. DOI: 10.15827/0236-235X.030.4.632-642.

31. Ефремова Н.А., Аверкин А.Н., Ярушев С.А. Гибридные нечеткие когнитивные карты в задачах принятия решений и прогнозирования // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2017. № 4. С. 1–9.

32. Кулинич А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления. 2010. № 3. С. 2–16.

33. Mikryukov A., Mazurov M. The Task of Improving the University Ranking Based on the Statistical Analysis Methods. In: Hu Z., Petoukhov S., He M. (eds) Advances in Artificial Systems for Medicine and Education IV. AIMEE 2020 // Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer, Cham. 2021. Т. 1315. DOI: 10.1007/978-3-030-67133-4_6.

34. Коврига С.В., Телицына Т.А. О методе верификации когнитивных карт, основанном на частных критериях достоверности // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 (Москва, 16-19 июня). 2014. С. 4132–4143.

35. Гамазов И. Н., Терехов В. И. Анализ задач, возникающих при создании нечетких когнитивных карт [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-zadach-voznikayuschih-pri-sozdanii-nechetkih-kognitivnyh-kart>. (Дата обращения: 20.02.2022).

References

1. Avdeyeva Z.K, Kovriga S.V., Makarenko D.I., Maksimov V.I. Cognitive approach in management. Problemy upravleniya = Problems of management. 2007; 3: 2–8. (In Russ.)

2. Avdeyeva Z. K., Kovriga S. V. Approach to the formulation of control problems on the cognitive model of the situation for strategic monitoring. Upravleniye bol'shimi sistemami = Management of large systems. 2016; 5: 120-146. (In Russ.)

3. Pyl'kin A.N., Kroshilin A.V., Kroshilina S.V. Designing decision support systems for assessing the health status of patients under uncertainty. Informatika i sistemy upravleniya = Informatics and control systems. 2010; 4(26): 82-94. (In Russ.)

4. Fedulov A.S. Fuzzy relational cognitive maps. Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya = Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems. 2005; 1: 120–132. (In Russ.)

5. Hajec P., Prochazka O. Interval-Valued Fuzzy Cognitive Maps for Supporting Business

Decisions. In Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Vancouver, BC, Canada. 2016: 531–536.

6. Salmeron J.L. Modelling Grey Uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps. Expert Systems with Applications. 2010; 37; 12: 7581–7588.

7. Espinosa M.L., Depaire B., Vanhoof K. Fuzzy Cognitive Maps with Rough Concepts. Proc. of the 9th Intern. Conf. on Artificial Intelligence Applications and Innovations (IAI'2013). Paphos, Greece. 2013: 527–536.

8. Papageorgiou E.I., Iakovidis D.K. Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps. IEEE Trans. on Fuzzy Systems. 2013; 21; 2: 342 - 354.

9. Carvalho J.P., Tome J.A.B. Rule Based Fuzzy Cognitive Maps: Fuzzy Causal Relations. In: Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation: Evolutionary Computation & Fuzzy Logic for Intelligent Control, Knowledge Acquisition & Information Retrieval / Ed. by M. Mohammadian, IOS Press. 1999.

10. Miao Y., Liu Z.-Q., Siew Ch.Y. Dynamical Cognitive Network – an Extension of Fuzzy Cognitive Map. *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*. 2001; 9; 5: 760–770.
11. Kuznetsov O.P. Kognitivnoye modelirovaniye slabo strukturirovannykh situatsiy = Cognitive modeling of weakly structured situations [Internet]. Available from: <http://posp.raai.org/data/posp2005/Kuznetsov/kuznetsov.html> (cited 20.10.2021). (In Russ.)
12. Eden C. Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research*. 1988. 36: 1–13.
13. Abramova N.A., Kovriga S.V. Some criteria for the reliability of models based on cognitive maps. *Problemy upravleniya = Control sciences*. 2008; 6: 23–33. (In Russ.)
14. Abramova N.A., Kovriga S.V. On the risks associated with the mistakes of experts and analysts. *Problemy upravleniya = Control sciences*. 2006; 6: 60–67. (In Russ.)
15. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1986; 24: 65–75.
16. Silov V.B. Prinyatiye strategicheskikh resheniy v nechetkoy obstanovke = Making strategic decisions in a fuzzy environment. Moscow: INPRO –RES; 1995. (In Russ.)
17. Kizim N.A., Khaustova V.Ye. Osobennosti proverki modeley na osnove kognitivnykh kart na ustoychivost' i dostovernost'. V kn. *Sovremennyye podkhody k modelirovaniyu slozhnykh sotsial'no-ekonomicheskikh system = Features of checking models based on cognitive maps for stability and reliability*. In book. *Modern approaches to modeling complex socio-economic systems*. Kharkiv: FLP Aleksandrova K. M.; Publishing House «INZHEK»; 2011. 280 p. (In Russ.)
18. Gorelova G.V., Zakharova Ye.N., Ginis L.A. Kognitivnyy analiz i modelirovaniye ustoychivogo razvitiya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem = Cognitive analysis and modeling of sustainable development of socio-economic systems. Rostov-on-Don: Rostov State University; 2005. 288 p. (In Russ.)
19. Korneyev V.V., Ganeyev A.F., Vasyutin S.V., Raykh V.V. Bazy dannykh. *Intellektual'naya obrabotka informatsii = Databases. Intelligent information processing*. Moscow: I Politics Publishing House; 2001. 496 p. (In Russ.)
20. Borisov V.V., Bychkov I.A., Dement'yev A.V., Solov'yev A.P., Fedulov A.S. Komp'yuternaya podderzhka slozhnykh organizatsionno-tekhnicheskikh system = Computer support for complex organizational and technical systems. Moscow: Hotline – Telecom; 2002. 154 p. (In Russ.)
21. Pospelov D.A. Ten «hot spots» in artificial intelligence research. *Intellektual'nyye sistemy (MGU) = Intelligent Systems (MSU)*. 1996; 1; 1(4): 47–56. (In Russ.)
22. Ledenëva T.M., Moiseyev S.A. Formalization of properties of interpreted linguistic scales and terms of fuzzy models. *Prikladnaya informatika = Applied Informatics*. 2012; 4(40): 126–132. (In Russ.)
23. Vallido A., Martin-Guerrero J.D., Lisboa P.J.G. Making machine learning models interpretable. *Proc. of European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning (25-27 April 2012, Bruges) Belgium: Bruges*. 2012: 163–172.
24. Yoon B.S., Jetter A.J. Comparative analysis for Fuzzy Cognitive Mapping. *Proc. of 2016 Portland Intern. Conf. on Management of Engineering and Technology (PICMET)*. 2016: 1897–190.
25. Özesmi U., Özesmi S. L. Ecological Models Based on People's Knowledge: a Multi-Step Fuzzy Cognitive Mapping Approach. *Ecological Modelling*. 2004; 176: 43–64.
26. Kosko B. *Fuzzy Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall. 1997.
27. Aguilar J. Adaptive random fuzzy cognitive maps. *Ibero-American Conference on Artificial Intelligence*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002: 402–410.
28. Kosko B. *Neural networks and fuzzy systems: A dynamical systems approach to machine intelligence*. 1992. 290 p.
29. Koulouriotis D.E., Diakoulakis I.E., Emiris D.M. Learning fuzzy cognitive maps using evolution strategies: a novel schema for modeling and simulating high-level behavior. *Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No. 01TH8546)*. 2001; 1: 364–371.
30. Averkin A.N., Yarushev S.A., Pavlov V.Yu. Cognitive hybrid systems for decision support and forecasting. *Programmnyye produkty i sistemy = Software Products and Systems*. 2017; 30; 4: 632–642. DOI: 10.15827/0236-235X.030.4.632-642. (In Russ.)
31. Yefremova, N.A., Averkin, A. N., Yarushev, S.A. Hybrid Fuzzy Cognitive Maps in Decision-Making and Forecasting. *Programmnyye produkty, sistemy i algoritmy = Software Products, Systems and Algorithms*. 2017; 4: 1–9. (In Russ.)
32. Kulinich A. Computer systems for modeling cognitive maps: approaches and methods. *Problemy upravleniya = Control Sciences*. 2010; 3: 2–16. (In Russ.)
33. Mikryukov A., Mazurov M. The Task of Improving the University Ranking Based on the Statistical Analysis Methods. In: Hu Z., Petoukhov S., He M. (eds) *Advances in Artificial Systems for Medicine and Education IV. AIMEE 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer, Cham. 2021: 1315. DOI: 10.1007/978-3-030-67133-4_6.
34. Kovriga S.V., Telitsyna T.A. On the method of verification of cognitive maps based on particular reliability criteria. *XII Vserossiyskoye soveshchaniye po problemam upravleniya VSPU-2014 = XII All-*

Russian Conference on Management Problems VSPU-2014 (Moscow, June 16-19). 2014: 4132–4143. (In Russ.)

35. Gamazov I. N., Terekhov V. I. Analiz zadach, voznikayushchikh pri sozdanii nechetkikh

kognitivnykh kart = Analysis of tasks arising when creating fuzzy cognitive maps [Internet]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-zadach-voznikayushchih-pri-sozdanii-nechetkikh-kognitivnykh-kart>. (cited 20.02.2022). (In Russ.)

Сведения об авторах

Андрей Александрович Микрюков

К.т.н., доцент

Российский экономический университет

им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Эл. почта: mikrukov.aa@rea.ru

Михаил Ефимович Мазуров

Д.ф.-м.н., профессор

Российский экономический университет

им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Эл. почта: Mazurov37@mail.ru

Information about the authors

Andrey A. Mikryukov

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor

Plekhanov Russian University of Economics,

Moscow, Russia

E-mail: Mikrukov.aa@rea.ru

Mikhail E. Mazurov

Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Professor

Plekhanov Russian University of Economics,

Moscow, Russia

E-mail: Mazurov37@mail.ru

Модификация эпидемиологической модели для прогнозирования развития социально-значимой инфекции (на примере хронического вирусного гепатита С)*

Целью данного исследования является разработка, оценка эффективности и применимости эпидемиологической модели развития хронического вирусного гепатита С, с возможностью прогнозирования количества человек, которым необходимо провести тестирование на наличие вируса.

Материалы и методы. В своем исследовании были использованы официальные данные по Республике Башкортостан по распространению хронического вирусного гепатита С (ежегодная динамика заболевших) в период с 2005 по 2020 гг., которые были предоставлены по запросу в Республиканской клинической инфекционной больнице. Демографические показатели по рождаемости и смертности были взяты из ежегодного статистического отчета Башкортостанстата.

В исследовании были рассмотрены 2 математические модели: 1) Модель SIR. Рассматривает три группы: восприимчивые (те, кто еще не заразился), инфицированные и выбывшие (те, кто выздоровел или умер).

2) Модель STIRD – усовершенствованная автором модель SIR, которая учитывает пять групп населения: восприимчивые (те, кто еще не заразился), тестируемые (те, кто контактировал с инфицируемыми и требующие проведения теста для уточнения диагноза), инфицированные, выбывшие (те, кто выздоровел) и умершие.

Результаты. С 2015 до 2017 года модель давала репрезентативные данные по прогнозу инфицированных, ошибка составляла около 1,5–4%, но после этого периода, начиная с 2018г., процент ошибки стал критичным и модель потеряла свою репрезен-

тативность. Чтобы объяснить это явление, есть 2 причины: первое, это легкодоступность препаратов для лечения ХВГС, второе, в модели необходимо использовать марковские модели, так как при расчете не учитывается динамика изменения коэффициентов модели. В итоге, в результате коронавирусной пандемии в 2020 году ошибка составила более 166%, это связано со снижением контактов между людьми и как результатом, резким снижением заболеваемости ХВГС.

Заключение. Предложенная автором полная (с учетом демографического изменения структуры населения) эпидемиологическая модель STIRD хорошо себя показала при среднесрочном прогнозировании до трех лет. Существенным преимуществом данной спецификации модели по сравнению с другими эпидемиологическими моделями является наличие возможности построить прогноз по количеству необходимых для проведения диагностических лабораторных тестов на выявление вируса у человека. Это важно, так как диагностирование и лечение ХВГС покрывается из средств ОМС и региональных бюджетов. Эпидемиологическое моделирование открывает широкие возможности для разработки сценариев борьбы с вирусным гепатитом С, особенно с его хронической формой, ведь по данным ВОЗ у каждой страны есть возможность к 2030 г. полностью избавиться от данной социально-значимой инфекции.

Ключевые слова: эпидемиологическое моделирование, хронический вирусный гепатит С, модель SIR, модель STIRD, социально значимая инфекция.

Renata A. Yakhina

Bashkir state university, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

Modification of Epidemiological Model for Predicting the Development of a Socially Significant Infection (by the Example of Chronic Viral Hepatitis C)

Purpose of the study: to develop, evaluate the effectiveness and applicability of an epidemiological model for the development of chronic viral hepatitis C, with the ability to predict the number of people who need to be tested for the presence of the virus.

Materials and methods. In our study, we used official data for the Republic of Bashkortostan on the spread of chronic viral hepatitis C (annual dynamics of cases) in the period from 2005 to 2020, which were provided at our request by the Republican Clinical Infectious

Diseases Hospital. Demographic indicators for births and deaths were taken from the annual statistical report of Bashkortostanstat.

The study considered 2 mathematical models:

1) Model SIR considers three groups: susceptible (those who have not yet become infected), infected and dropouts (those who have recovered or died).

2) The STIRD model is the SIR model, improved by the author, which takes into account five population groups: susceptible (those

* Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ «Комплексный подход для сценарного прогнозирования экономического бремени хронического вирусного гепатита С в регионах России» 20-310-90044_аспиранты. Также автор благодарен за предоставленный материал в виде данных главному внештатному специалисту по инфекционным болезням Министерства Здравоохранения Республики Башкортостан д.м.н. Валишину Д.А.

who have not yet become infected), tested (those who have been in contact with the infected people and require a test to clarify the diagnosis), infected, dropouts (those who recovered) and deceased.

Results: from 2015 to 2017, the model provided representative data on the forecast of the infected people, the error was about 1.5-4%, but after this period, starting from 2018, the error rate became critical and the model lost its representativeness. To explain this phenomenon, there are 2 reasons: the first is the easy availability of drugs for the treatment of chronic hepatitis C, the second is the need to use Markov models in the model, since the calculation does not take into account the dynamics of changes in the coefficients of the model. As a result of the coronavirus pandemic in 2020, the error was more than 166%, this is due to a decrease in contacts between people and, as a result, a sharp decrease in the incidence of chronic hepatitis C.

Conclusion. The complete epidemiological STIRD model proposed by the author (taking into account the demographic change in the structure of the population) has shown itself well in medium-term forecasting up to three years. A significant advantage of this model specification compared to other epidemiological models is the ability to predict the number of diagnostic laboratory tests needed to detect a virus in humans. This is important, since the diagnosis and treatment of chronic hepatitis C is covered from compulsory medical insurance and regional budgets. Epidemiological modeling opens up great opportunities for developing scenarios for combating viral hepatitis C, especially with its chronic form, because, according to WHO, each country has the opportunity to completely get rid of this socially significant infection by 2030.

Keywords: epidemiological modeling, chronic viral hepatitis C, SIR model, STIRD model, socially significant infection.

Введение

Инфекционные заболевания до сих пор остаются одной из ведущих причин смертности даже в развитых странах. Лечение и профилактика инфекционных болезней ложится большим бременем на экономику государства. Особенно значимый эффект на полное экономическое бремя болезней населения оказывают социально-значимые инфекции, такие как вирусный гепатит, туберкулёз, ВИЧ. Для расчёта глобального бремени социально-значимых инфекций необходимо знать прогноз распространения инфицирования среди населения [1]. Одним из инструментов для предсказания развития инфекции является моделирование этого процесса, позволяющее в том числе рассчитать сценарии, связанные с возможностью «погашения» развития инфекции [2]. Особым классом моделей, используемых в медицинских исследованиях, являются эпидемиологические модели [3], позволяющие оценить и предсказать развитие инфицирования населения.

Во время пандемии COVID-19, возможно, даже более явно, чем во время предыдущих кризисов в области здравоохранения, эпидемиологические модели сыграли решающую роль [4]. Они использовались для прогнозирования развития пандемии, оценки воздействия медицинских вмешательств, в том числе

профилактического характера (в частности вакцинопрофилактика), управленческих решений по введению или отказу от карантинных мероприятий и т.д. Кроме того, учитывая отсутствие других инструментов поддержки принятия решений (например, высококачественных экспериментальных данных), особенно на первых этапах пандемии модели стали основным ориентиром для принятия управленческих решений на уровне регионов и страны в целом [5].

Большой вклад в эпидемиологическое развитие внесли W.O. Kermack и A.G. McKendrick [6]. Они разработали SIR (Susceptible-Infected-Recovered) модель, которая прогнозирует распространение вирусных заболеваний среди населения. Простейшая компартментальная модель – SIR. Это набор из трех обыкновенных дифференциальных уравнений, которые пытаются описать скорость изменений в отношении трех различных компартментов в конкретной популяции: восприимчивых (S – Suspected), инфицированных и заразных (I – Infected) и выздоровевших, которые не могут ни заразиться снова, ни распространять болезнь (R – Removed) [7], для модели SIRD добавляются еще и умершие (D – Dead) [8]. Во время эпидемического эпизода некоторые индивидуумы перемещаются из S в I, а затем в R. Уравнения предназначены для прогнозирования того, как

будет изменяться количество людей в каждом из эпидемиологических состояниях (S, I, R, D) по мере развития территориального распространения эпидемии.

Существуют модификации эпидемиологических моделей: например, SEIRD, учитывающая индивидуумов, у которых наблюдается инкубационный период болезни [9], модель SIS, которая рассматривает случаи болезни без возникновения иммунитета после ее перенесения, либо данный иммунитет краткосрочен [10], или модель SEIHRD, в которой разделяется процесс инфицирования на заражение внутри медицинского учреждения, либо вне его [11]. Но учитывая все многообразие эпидемиологических моделей, не существует той, которая могла бы рассчитать количество необходимых тестов для выявления инфицированных. В случае возможности расчета данного параметра, будет возможность прогнозирования глобального бремени болезни.

В рамках данного исследования было изучено много работ с использованием эпидемиологического моделирования для разных социально значимых инфекций. Например, сейчас есть множество исследований посвященных COVID-19 в различных странах, а также в отдельных регионах. В своем исследовании ученые из Саудовской Аравии [12] рассмотрели модели «Восприимчивые-инфи-

цированные-выздоровевшие» (SIR-F), в то время как «F-» означает «Смертельный исход с подтверждением», то есть рассматривался переход в две категории умерших – те, для кого причина смерти была непосредственно связана с инфицированием новой коронавирусной инфекцией, и те, кто умерли от осложнений инфекции. Авторы при построении модели проводили ее имитацию, рассматривая различные сценарии контрольных и предупредительных мер, связанных с распространением COVID-19 среди населения страны. Эволюция результатов моделирования показывает, что управленческие вмешательства по контролю за распространением инфекции жизненно важны для выравнивания кривой распространения вируса, что может отсрочить пик заболеваемости (сделать его более «плоским» для того, чтобы лечебные учреждения справлялись с потоком больных) и как следствие снизить уровень смертности.

В другом исследовании ученые из Кореи также применили математическую SEIR(D)-модель для оценки и прогноза COVID-19 [13]. В этой статье используется модель SEIR(D) для анализа изменяющейся во времени динамики передачи эпидемии COVID-19 в Корею на всех этапах ее развития. Эта многоэтапная оценка параметров модели обеспечивает лучшее соответствие модели по сравнению с анализом всего периода и показывает, как модели заражения COVID-19 меняются с течением времени, в первую очередь в зависимости от эффективности немедикаментозных вмешательств органов общественного здравоохранения.

Новую модификацию предложили ученые в своем исследовании COVID-19 в Индии [14]. Авторы посчитали прогнозы ранее предложенных

эпидемиологических моделей (например, SIR, SEIR, SIRD, SEIRD и т. д.) не очень точными из-за недостаточного учета передачи эпидемии в латентный период. Кроме того, важно классифицировать инфицированных лиц, чтобы контролировать развитие пандемии. Авторы предложили новую математическую модель для включения инфицированных людей в зависимости от того, есть ли у них симптомы или нет. Полученная модель более точно прогнозировала количество новых случаев, что позволило лучше планировать стратегии контроля за развитием инфекции. Модель состоит из восьми компарментов: восприимчивых (S), подвергшихся воздействию (E), инфицированных (I), бессимптомных (A), помещенных в карантин (Q), выздоровевших (R), умерших (D) и невосприимчивых (T). Авторы назвали модель SEIAQRDT. Эта модель используется для прогнозирования результатов пандемии для Индии и ее наиболее пострадавших штатов. Расчетное количество случаев с использованием модели SEIAQRDT сравнивается с моделями SIRD, SEIR и LSTM (модель прогнозирования на основе нейронных сетей с архитектурой LSTM). Анализ квадрата относительной ошибки используется для проверки точности предложенной модели, рассчитанной на реальных наборах данных, показал эффективность предложенного подхода.

В работе также индийских ученых было описано пять разных моделей, используемых для изучения динамики передачи вируса SARS-Cov-2 в Индии [15]. Они изучили, как пять эпидемиологических моделей прогнозируют и оценивают течение пандемии в Индии: базовая модель аппроксимации кривой инфицирования населения, расширенная модель SIR (eSIR),

две расширенные модели SEIR (SAPHIRE и SEIR-fansy).

Другое исследование оценивало распространение социально значимой болезни – лихорадку Эбола [16]. В статье ученые предлагают для оценки распространения Эболы модификацию эпидемиологической модели SEIRD, в виде системы дифференциальных уравнений с дробным порядком дифференцирования. Авторы считают, что таким образом, подобрав базовое репродуктивное число распространения инфекции по системе дробных дифференциальных уравнений, можно добиться ее устойчивого решения.

В другом исследовании была разработана математическая модель учета мобильности человека в условиях распространения холеры [17]. Было создано пятьсот пространственных паттернов с использованием различных размеров площадей и координат местоположения, которые бы территориально определяли распространение инфекции на местности. Параметры модели оценивались на основе этих шаблонов. Для смоделированных данных мерами сравнения были средняя среднеквадратическая ошибка (RMSE) и критерии систематической ошибки. Моделирование эпидемии холеры на Гаити в 2010 г. с использованием базовой модели SIR, с коэффициентами, обученными предложенным методом имитационного моделирования, позволило провести эмпирическую оценку путем нахождения степени соответствия наблюдаемой эпидемиологической кривой распространения инфекции.

Также эпидемиологические модели используются для оценки социально-значимой инфекции, такой как туберкулез. Так как инфекция имеет длительный срок болезни, то эпидемиологические модели для прогнозирования ее раз-

вития среди населения должны быть скорректированы на демографические показатели. Динамику передачи туберкулеза в регионе Ашанти в Гане оценивали в работе [18]. Авторы использовали для этого модель SEIR с демографией, при этом исследовали влияние введения лечения на инкубационной стадии передачи туберкулеза. В результате было показано, что лечение, введенное на стадии облучения, снижает распространение туберкулеза. Похожее исследование с использованием SEIR-модели было проведено китайскими учеными, с целью определения бремени туберкулеза при различных диагностических сценариях [19]. Была создана систематическая динамическая модель, соответствующая годовым показателям заболеваемости туберкулезом из данных центрального комитета здравоохранения Китая за период с 2005 по 2018 год. Было рассчитано базовое репродуктивное число для распространения туберкулеза в стране. На основании знания которого, было определено влияние различных диагностических сценариев на бремя туберкулеза.

Как видно, существует достаточно широкая практика применения эпидемиологических моделей для прогнозирования развития социально-значимых инфекций. Каждая вышеперечисленная модель учитывает особенности конкретной болезни для прогнозирования наиболее точных сценариев распространения инфекции. Однако не существует модели для оценки распространения социально-значимой инфекции (вирусного гепатита С), позволяющей спрогнозировать число индивидуумов, которых необходимо обследовать (протестировать) на наличие вируса.

Целью исследования является разработка эпидемиологической модели, а также оценка ее эффективности и приме-

нимости в вопросе выявления инфицированных индивидуумов. Расчеты производятся из прогноза числа человек, которым необходимо провести тестирование на выявление возможной инфекции в связи с возможным контактом с инфицированными.

Материалы и методы

При построении базовой эпидемиологической модели SIR, предполагающей, что у человека формируется устойчивый иммунитет к повторному заражению [20], учитываются три основные группы индивидуумов, для которых имеет место переходов из состояния в состояние: восприимчивые (Suspected), это те, кто пока не заразился (в том числе не относится к индивидуумам, у которых инкубационный период болезни), но потенциально может заразиться, инфицированные (Infected), включая индивидуумов в инкубационном периоде болезни, и выбывшие (Removed), те кто выздоровел (сформировался постоянный или временный иммунитет к инфекции) или умер. При этом:

$$S(t) + I(t) + R(t) = N$$

(все население)

Соответственно система дифференциальных уравнений в этом случае:

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\frac{\beta S(t)I(t)}{N} \quad (1)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \frac{\beta S(t)I(t)}{N} - \gamma I(t) \quad (2)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \quad (3)$$

Здесь β – параметр, определяющий вероятность заражения в результате контакта с инфицированным индивидуумом, $\gamma = 1/T$ – параметр, отвечающий за вероятность излечения (T – период длительности болезни), то есть по истечении данного перио-

да (периода болезни) больной становится незаразным, таким образом переходя из категории $I(t)$ в категорию $R(t)$. При этом вводится такое понятие как базовое репродуктивное число инфекции $R_0 = \beta/\gamma$ – показатель, отвечающий за динамику инфекционного процесса. Данный показатель учитывается при формировании начальных условий для системы уравнений (1)–(3): $t = 0: S(0) = S_0 \geq 0, I(0) = I_0 \geq 0, R(0) = R_0 \geq 0$.

В модифицированной модели SIRD рассматривается дополнительно два возможных исхода после инфицирования – излечение (и эта категория людей также называется «выбывшие» (Removed)) и смерть в результате болезни, вызванной инфекцией (эта категория называется в модели «умершие» (Dead). В этом случае (1)–(3) дополняется уравнением (4), в котором введён параметр μ , отвечающий за вероятность смерти в результате инфицирования:

$$\frac{dD(t)}{dt} = \mu I(t) \quad (4)$$

Автором данная модель была усовершенствована: в систему уравнений была добавлена новая категория индивидуумов, в зависимости от состояния в которое они могут перейти, названное тестируемые T (tested). Здесь под тестируемыми понимается группа индивидуумов, которые имели возможный контакт с инфицированными, в том числе и в силу своей профессиональной деятельности (например, медицинские работники), и которым необходимо провести медицинские манипуляции по выявлению наличия инфицирования. Автор назвал данную модель STIRD. Существенным преимуществом спецификации данной модели является возможность спрогнозировать число людей, которых необходимо обследовать на наличие

вируса, что важно при выделении средств, связанных со своевременным обнаружением распространения инфекции среди населения. В предложенной спецификации авторской эпидемиологической модели введён дополнительный параметр α , отвечающий за вероятность перехода индивидуума из группы восприимчивых (S) в группу тестируемых (T), то есть тех, у кого был возможный контакт с инфицированными.

- $S(t)$ (восприимчивые) – количество людей, имеющих риск заразиться (инфицироваться) в период t .

- $T(t)$ (тестируемые) – количество людей, которые имели контакт с возможно инфицированными, и для определения наличия вируса им требуется проведение лабораторного исследования (проведение теста) в момент времени t .

- $I(t)$ (инфицированные) – число инфицированных индивидуумов, имеющих подтверждённый тестом диагноз в период t .

- $R(t)$ (выбывшие) число индивидуумов, выбывших из категории инфицированных как выздоровевших, в момент времени t .

- $D(t)$ (умершие) число индивидуумов, выбывших из категории инфицированных по причине смерти, в момент времени t .

Человек из группы восприимчивых S попадает в группу тестируемых T после контакта с человеком из группы инфицированных I , из этой группы он может перейти в группу инфицированных, если тест подтвердит наличие вируса, либо останется в группе восприимчивых, если лабораторное исследование не подтвердило наличие инфицирования. Схема модели STIRD представлена на рисунке.

Модель STIRD выражается следующей системой дифференциальных уравнений:

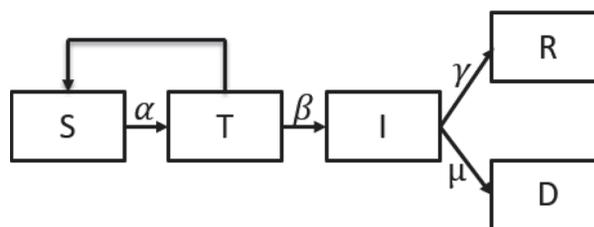


Рис. Модель STIRD: S – восприимчивые, T – тестируемые, I – инфицированные, R – выбывшие, D – умершие

Fig. STIRD model: S – susceptible, T – tested, I – infected, R – dropouts, D – deceased

$$\frac{dS(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)T(t)}{N} + \alpha(1-\beta)T(t) \quad (5)$$

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)T(t)}{N} - \beta I(t) - \alpha(1-\beta)T(t) \quad (6)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta I(t) - \gamma I(t) - \mu I(t) \quad (7)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \quad (8)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = \mu I(t) \quad (9)$$

где β – параметр, определяющий вероятность заражения в результате контакта с инфицированным индивидуумом, $\gamma = 1/T$ – параметр, отвечающий за вероятность излечения (T – период длительности болезни), α , отвечающий за вероятность контакта с инфицированным, μ – коэффициент смертности от инфекции.

Начальные условия в момент времени $t = 0$:

$$S(0) = S_0 \geq 0, T(0) = T_0 \geq 0, I(0) = I_0 \geq 0, \quad (10)$$

$$R(0) = R_0 \geq 0, D(0) = D_0 \geq 0 \quad (11)$$

Население фиксируется на время эпидемии, следовательно, в любой момент времени равно N . Т.е. $S(t) + T(t) + I(t) + R(t) + D(t) = constant = N$.

Несмотря на то, что модель STIRD в уравнениях (5)–(9) учитывает не только вероятность инфицирования в результате контакта, но и вероятность самого контакта с

инфицированными, она не может быть применимой к оценке развития социально-значимых инфекций, так как такие инфекции длятся годами и даже десятилетиями (например туберкулез). Соответственно, в эпидемиологических моделях для описания таких инфекций следует учитывать изменения структуры населения демографического характера: так как восприимчивым добавляются вновь рождённые, и, напротив, убираются умершие от других причин, не связанных с рассматриваемой инфекцией. Соответственно полная модель STIRD с учётом изменения демографической структуры населения выражается системой уравнений (12)–(16). В уравнение (12) добавляются новорождённые λ и умершие $\rho S(t)$, где ρ – коэффициент популяционной смертности не по причине рассматриваемой инфекции. В уравнение (13) системы не учитывается демографическое изменение структуры населения так как тестирование на наличие инфекции происходит не более 10 дней. В уравнениях (14) и (15) учитывались выбывающих по причине смерти $\rho S(t)$, не связанной с инфекцией. Начальные условия оставались прежними.

$$\frac{dS(t)}{dt} = \lambda - \frac{\alpha S(t)T(t)}{N} + \alpha(1-\beta)T(t) - \rho S(t) \quad (12)$$

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{\alpha S(t)T(t)}{N} - \beta I(t) - \alpha(1-\beta)T(t) \quad (13)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta I(t) - \gamma I(t) - \mu I(t) - \rho I(t) \quad (14)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) - \rho R(t) \quad (15)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = \mu I(t) \quad (16)$$

Для подтверждения возможности применимости предложенной автором модели в спецификации (12)–(16) она была апробирована на данных по распространению хронического вирусного гепатита С (ХГВС) всех генотипов.

«Обучение» коэффициентов предложенной модели STIRD проводили данных ежегодной динамики распространения ХГВС в Республике Башкортостан в период с 1999 г. по 2020 г. В качестве базового репродуктивного числа распространения инфекции ХГВС $R_0 = \beta/\gamma$, учитываемого в начальных условиях (10)–(11), бралось значение 3,5 [21]. Подбор гиперпараметров эпидемиологической модели (α , β , γ и μ) проводился в соответствии с технологией GridSearch (сетка поиска), где сочетание параметров перебиралось в интервале с шагом 0,1. В результате выбирались такие гиперпараметры, при которых значение средней абсолютной процентной ошибки (средней ошибки аппроксимации) было бы минимально:

$$MAPE_{series} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{t=1}^T \left| \frac{y_t - \bar{y}_t}{y_t} \right| \cdot 100\%$$

где y_t – фактические значения инфицированных, \bar{y}_t – расчетные (прогнозируемые) значения инфицированных, k – количество наблюдений во временном ряду динамики эпидемии.

Для эпидемиологического моделирования был написан программный код на языке программирования R. Помимо стандартного набора библио-

тек, при проведении эпидемиологического моделирования на основе полной демографической модели STIRD, использовали библиотеку deSolve, предназначенную для численного интегрирования систем дифференциальных уравнений.

Результаты

В таблице 1 приведён предварительный анализ динамики распространения ХГВС в Республике Башкортостан в период с 1999 по 2015 год.

Анализ данных распространения инфекции ХГВС в Республике Башкортостан с 1999 по 2003 год показал наличие сильного всплеска прироста по вновь выявленным заболевшим, об этом свидетельствуют стабильно растущие показатели средней хронологической инфицированных. С 2007 года вновь заметен существенный рост показателей количества инфицированных, а также возрастают темпы роста инфицированных (131,25%), это связано с внутренней регио-

нальной программой по выявлению и лечению ХВГС, так как с этого времени значительно увеличилось количество проводимых лабораторных тестов на выявление ХВГС. После 2007 года наступает спад заболеваемости, это связано с введением программы лечения ХВГС за счет республиканского бюджета пегилированными интерферонами, об этом также свидетельствуют снижающиеся показатели темпов роста инфицирования. С 2011 года наблюдается рост показателей заболеваемости, это так же связано с пристальным вниманием к социально значимой болезни со стороны государства, а как следствием роста числа проводимых тестов, в результате мы видим увеличение количества инфицированных ВГС. С 2013 года схемы лечения были усовершенствованы, Республика Башкортостан стала одним из первых регионов России, которая стала применять противовирусную терапию прямого действия для лечения ХВГС. Благодаря республиканской стратегии борьбы с вирусными

Таблица 1 (Table 1)

ГОД	Вновь выявленные случаи	Прирост инфицированных	Темпы роста инфицирования в (%)	Средняя 10-летняя хронологическая	Средние хронологические темпов
1999	246				
2000	538	302	218,70		
2001	704	166	130,86		
2002	820	116	116,48		
2003	821	1	100,12		
2004	693	-128	84,41	641,61	15,65
2005	550	-143	79,37	662,78	16,20
2006	528	-22	96,00	665,72	16,32
2007	693	165	131,25	674,50	16,57
2008	609	84	87,88	685,89	16,86
2009	556	-53	91,30	702,22	17,27
2010	739	183	132,91	731,44	18,00
2011	943	204	127,60	741,67	18,25
2012	903	-40	95,76		
2013	905	2	100,22		
2014	864	-41	95,47		
2015	827	-37	95,72		

Таблица 2 (Table 2)

Год	Фактические данные по инфицированным	$T(t)$	$I(t)$	$R(t)$	$D(t)$	Ошибка
2015	827	19931	862	62	2	4,23%
2016	876	19862	860	64	2	1,83%
2017	839	19794	854	65	2	1,79%
2018	696	19726	852	66	3	22,41%
2019	646	19659	850	69	3	31,57%
2020	317	19593	844	71	3	166,2%

гепатитами были достигнуты минимальные показатели инфицированных и вновь выявленных случаев за последние 10 лет. Как видно колебание приростов инфицированных непостоянное, они то положительные, то отрицательные, что во многом это объясняется недостаточным охватом населения мероприятиями по выявлению вируса в крови, что дополнительно делает актуальным разработку эпидемиологической модели, способной прогнозировать число индивидумов, которым необходимо проводить диагностическое тестирование на выявление вируса гепатита С.

Для обучения и подбора гиперпараметров полной эпидемиологической модели STIRD (12)–(16) с начальными условиями (10)–(11) использовали данные о распространении ХГВС в республике с 1999 по 2014 г. В качестве выздоровевших ($R(t)$) рассматривалось число лиц, которым проводили противовирусную терапию как прямого действия (например, Викайрапак, софосбувир и др.), так и непрямого (пегелированными интерферонами) до достижения больными устойчивого вирусного ответа. В качестве умерших ($D(t)$) рассматривались только лица, которым в причине смерти указывали ХГВС. Понятно, что эта цифра сильно искажена, так как гепатит бывает часто причиной тяжелых болезней,

например, таких как цирроз печени или гепатокарцинома, которые в свою очередь и становятся причиной смерти.

Все данные по пролеченным, умершим и числу проведенных лабораторных исследований на наличие вируса были предоставлены главным внештатным инфекционистом республики из форм отчетности, предоставляемых по запросу Минздрава РФ.

В таблице 2 представлены результаты ретроспективного прогноза, построенного по найденной эпидемиологической полной модели STIRD с оцененными коэффициентами, на период с 2015 по 2020 гг. Полученные прогнозы сравнивались с фактическими данными и рассчитывалась ошибка аппроксимации в процентах при сравнении прогнозируемого и действительного числа инфицированных ХГВС.

Анализ полученных прогнозных значений показал, что модель позволяла предсказывать развитие распространения ХГВС с точностью более 95 % (ошибка 1,8–4,2%) только на три года вперед (2015–2017 гг.), на более отдаленную перспективу модель ошиблась на 20–30%. Начиная с 2018 г. число инфицированных стало сокращаться: во многом это объясняется тем, что препараты прямого противовирусного действия стали более доступными по цене: увеличилось число больных ХГВС, которые

стали использовать индийские дженерики с достаточной эффективностью для достижения устойчивого вирусного ответа, а также появились оригинальные препараты, эффективные против всех генотипов гепатита С, с сокращенным сроком применения (до 8 недель), и как следствие с более низкой ценой [22]. Ошибка аппроксимации за 2020 год составила около 166%, число вновь инфицированных ХГВС сократилось в данном периоде, например, по сравнению с 2015 г. почти в 3 раза. Такое снижение можно объяснить уменьшением общего количества инфицированных в период пандемии из-за резкого сокращения контактов.

Заключение

Предложенная автором полная (с учетом демографического изменения структуры населения) эпидемиологическая модель STIRD хорошо себя показала при среднесрочном прогнозировании до трех лет. Существенным преимуществом данной спецификации модели по сравнению с другими эпидемиологическими моделями является наличие возможности построить прогноз по количеству необходимых для проведения диагностических лабораторных тестов на выявление вируса у человека. Это важно, так как диагностирование и лечение ХГВС покрывается из средств ОМС и региональных бюджетов. Эпидемиологическое моделирование открывает широкие возможности для разработки сценариев борьбы с вирусным гепатитом С, особенно с его хронической формой, ведь по данным ВОЗ у каждой страны есть возможность к 2030 г. полностью избавиться от данной социально-значимой инфекции [23].

Литература

1. Лакман И.А., Галямов А.Ф., Валишин Д.А. Прогноз социально-экономического бремени хронического вирусного гепатита С (1 генотипа) при реализации различных сценарных прогнозов его распространения в Республике Башкортостан // *Инфекционные болезни*. 2016. Т. 14. № 3. С. 67–74. DOI: 10.20953/1729-9225-2016-3-67-74.
2. Thompson R.P. Causality, mathematical models and statistical association: Dismantling evidence-based medicine // *Journal of Evaluation in Clinical Practice*. 2010. № 16(2). С. 267–275. DOI: 10.1111/j.1365-2753.2010.01383.x.
3. Bjornstad O.N., Shea K., Krzywinski M., Altman N. Modeling infectious epidemics // *Nat Methods*. 2020. № 17(5). С. 455–456. DOI: 10.1038/s41592-020-0822-z.
4. Eubank S., Eckstrand I., Lewis B., Venkatramanan S., Marathe M., Barrett C.L. Commentary on Ferguson, et al., Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand // *Bulletin of Mathematical Biology*. 2020. № 82(4). С. 52. DOI: 10.1007/s11538-020-00726-x.
5. Лакман И.А., Агапитов А.А., Садикова Л.Ф., Черненко О.В., Новиков С.В., Попов Д.В., Павлов В.Н., Гареева Д.Ф., Идрисов Б.Т., Билялов А.Р., Загидуллин Н.Ш. Возможности математического прогнозирования коронавирусной инфекции в Российской Федерации // *Артериальная гипертензия*. 2020. Т. 26. № 3. С. 288–294. DOI:10.18705/1607-419X-2020-26-3-288-294.
6. Kermack W.O., McKendrick A.G. A contribution to the mathematical theory of epidemics, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A // Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*. 1927. № 115(772). DOI: 10.1098/rspa.1927.0118.
7. GBD 2017 HIV collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and mortality of HIV, 1980–2017, and forecasts to 2030, for 195 countries and territories: a systematic analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2017 // *Lancet HIV*. 2019. № 6(12). С. e831–e859. DOI: 10.1016/S2352-3018(19)30196-1.
8. Wacker B., Schlüter J. Time-continuous and time-discrete SIR models revisited: theory and applications // *Adv Differ Equ*. 2020. 2020. № 1. С. 556. DOI: 10.1186/s13662-020-02995-1.
9. Raghavan M., Sridharan K.S., Mandayam Rangayyan Y. Using epidemic simulators for monitoring an ongoing epidemic // *Sci Rep*. 2020. № 10(1). С. 16571. DOI: 10.1038/s41598-020-73308-5.
10. Choiński M., Bodzioch M., Foryś U. A non-standard discretized SIS model of epidemics // *Math Biosci Eng*. 2022. № 19(1). С. 115–133. DOI: 10.3934/mbe.2022006.
11. Nave O., Hartuv I., Shemesh U. SEIHRD mathematical model of Covid19-stability analysis using fast-slow decomposition // *PeerJ*. 2020. № 21(8). С. e10019. DOI: 10.7717/peerj.10019.
12. Durai C.A.D., Begum A., Jebaseeli J., Sabahath A. COVID-19 pandemic, predictions and control in Saudi Arabia using SIR-F and age-structured SEIR model. *J Supercomput*. 2021. № 10. С. 1–13. DOI: 10.1007/s11227-021-04149-w.
13. Shin H.Y. A multi-stage SEIR(D) model of the COVID-19 epidemic in Korea // *Ann Med*. 2021. № 53(1). С. 1159–1169. DOI: 10.1080/07853890.2021.1949490.
14. Kumari P., Singh H.P., Singh S. SEIAQRDT model for the spread of novel coronavirus (COVID-19): A case study in India // *Appl Intell (Dordr)*. 2021. № 51(5). С. 2818–2837. DOI: 10.1007/s10489-020-01929-4
15. Purkayastha S., Bhattacharyya R., Bhaduri R., Kundu R., Gu X., Salvatore M., Ray D., Mishra S., Mukherjee B. A comparison of five epidemiological models for transmission of SARS-CoV-2 in India // *BMC Infect Dis*. 2021. № 21(1). С. 533. DOI: 10.1186/s12879-021-06077-9.
16. Pan W., Li T., Ali S. A fractional order epidemic model for the simulation of outbreaks of Ebola // *Adv Differ Equ*. 2021. № 2021(1). С. 161. DOI: 10.1186/s13662-021-03272-5.
17. Sallah K., Giorgi R., Bengtsson L., Lu X., Wetter E., Adrien P., Rebaudet S., Piarroux R., Gaudart J. Mathematical models for predicting human mobility in the context of infectious disease spread: introducing the impedance model // *Int J Health Geogr*. 2017. № 16(1). С. 42. DOI: 10.1186/s12942-017-0115-7.
18. Mettle F.O., Osei Affi P., Twumasi C. Modelling the Transmission Dynamics of Tuberculosis in the Ashanti Region of Ghana // *Interdiscip Perspect Infect Dis*. 2020:4513854. DOI: 10.1155/2020/4513854.
19. Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi Disease burden of tuberculosis under different diagnostic scenarios in China: a dynamic modeling study. 2020. № 41(4). С. 580–584. Chinese. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20190706-00497.
20. Chladná Z., Kopfová J., Rachinskii D., Rouf S.C. Global dynamics of SIR model with switched transmission rate. *J Math Biol*. 2020. № 80(4). С. 1209–1233. DOI: 10.1007/s00285-019-01460-2.
21. Баринаева А.Н., Плавинский С.Л., Виноградова Н.Х. Использование одномоментных данных для оценки интенсивности заражения потребителей инъекционных наркотиков ВИЧ-инфекцией и вирусным гепатитом С — отсутствие постоянства риска // *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова*. 2015. № 1.
22. Прожерина Ю. К 2030 году — без гепатита С [Электрон. ресурс] // Ресурс группы Ремедиум. Режим доступа: <https://remedium.ru/health/k-2030-godu-bez-gepatita-s/>. (Дата обращения: 1.04.2022).
23. Глобальная стратегия сектора здравоохранения по вирусному гепатиту 2016–2021 [Электрон. ресурс] // На пути к ликвидации вирусного гепатита. Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250042/WHO-HIV-2016.06-rus.pdf>. (Дата обращения: 1.04.2022).

References

1. Lakman I.A., Galyamov A.F., Valishin D.A. Forecast of the socio-economic burden of chronic viral hepatitis C (genotype 1) in the implementation of various scenario forecasts for its spread in the Republic of Bashkortostan. *Infektsionnyye bolezni = Infectious Diseases*. 2016; 14; 3: 67-74. DOI: 10.20953/1729-9225-2016-3-67-74. (In Russ.)
2. Thompson R.P. Causality, mathematical models and statistical association: Dismantling evidence-based medicine. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*. 2010; 16(2): 267–275. DOI: 10.1111/j.1365-2753.2010.01383.x.
3. Bjornstad O.N., Shea K., Krzywinski M., Altman N. Modeling infectious epidemics // *Nat Methods*. 2020; 17(5): 455-456. DOI: 10.1038/s41592-020-0822-z.
4. Eubank S., Eckstrand I., Lewis B., Venkatramanan S., Marathe M., Barrett C.L. Commentary on Ferguson, et al., Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. *Bulletin of Mathematical Biology*. 2020; 82(4): 52. DOI: 10.1007/s11538-020-00726-x.
5. Lakman I.A., Agapitov A.A., Sadikova L.F., Chernenko O.V., Novikov S.V., Popov D.V., Pavlov V.N., Gareyeva D.F., Idrisov B.T., Bilyalov A.R., Zagidullin N.SH. Possibilities of mathematical prediction of coronavirus infection in the Russian Federation. *Arterial'naya gipertenziya = Arterial hypertension*. 2020; 26; 3: 288-294. DOI:10.18705/1607-419X-2020-26-3-288-294. (In Russ.)
6. Kermack W.O., McKendrick A.G. A contribution to the mathematical theory of epidemics, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*. 1927: 115(772). DOI: 10.1098/rspa.1927.0118.
7. GBD 2017 HIV collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and mortality of HIV, 1980-2017, and forecasts to 2030, for 195 countries and territories: a systematic analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2017. *Lancet HIV*. 2019; 6(12): e831-e859. DOI: 10.1016/S2352-3018(19)30196-1.
8. Wacker B., Schlüter J. Time-continuous and time-discrete SIR models revisited: theory and applications. *Adv Differ Equ*. 2020: 556. DOI: 10.1186/s13662-020-02995-1.
9. Raghavan M., Sridharan K.S., Mandayam Rangayyan Y. Using epidemic simulators for monitoring an ongoing epidemic. *Sci Rep*. 2020; 10(1): 16571. DOI: 10.1038/s41598-020-73308-5.
10. Choiński M., Bodzioch M., Foryś U. A non-standard discretized SIS model of epidemics. *Math Biosci Eng*. 2022; 19(1): 115-133. DOI: 10.3934/mbe.2022006.
11. Nave O., Hartuv I., Shemesh U. SEIHRD mathematical model of Covid19-stability analysis using fast-slow decomposition. *PeerJ*. 2020; 21(8): e10019. DOI: 10.7717/peerj.10019.
12. Durai C.A.D., Begum A., Jebaseeli J., Sabahath A. COVID-19 pandemic, predictions and control in Saudi Arabia using SIR-F and age-structured SEIR model. *J Supercomput*. 2021; 10: 1-13. DOI: 10.1007/s11227-021-04149-w.
13. Shin H.Y. A multi-stage SEIR(D) model of the COVID-19 epidemic in Korea. *Ann Med*. 2021; 53(1): 1159-1169. DOI: 10.1080/07853890.2021.1949490.
14. Kumari P., Singh H.P., Singh S. SEIAQRDT model for the spread of novel coronavirus (COVID-19): A case study in India. *Appl Intell (Dordr)*. 2021; 51(5): 2818-2837. DOI: 10.1007/s10489-020-01929-4
15. Purkayastha S., Bhattacharyya R., Bhaduri R., Kundu R., Gu X., Salvatore M., Ray D., Mishra S., Mukherjee B. A comparison of five epidemiological models for transmission of SARS-CoV-2 in India. *BMC Infect Dis*. 2021; 21(1): 533. DOI: 10.1186/s12879-021-06077-9.
16. Pan W., Li T., Ali S. A fractional order epidemic model for the simulation of outbreaks of Ebola. *Adv Differ Equ*. 2021; 2021(1): 161. DOI: 10.1186/s13662-021-03272-5.
17. Sallah K., Giorgi R., Bengtsson L., Lu X., Wetter E., Adrien P., Rebaudet S., Piarroux R., Gaudart J. Mathematical models for predicting human mobility in the context of infectious disease spread: introducing the impedance model. *Int J Health Geogr*. 2017; 16(1): 42. DOI: 10.1186/s12942-017-0115-7.
18. Mettle F.O., Osei Affi P., Twumasi C. Modelling the Transmission Dynamics of Tuberculosis in the Ashanti Region of Ghana. *Interdiscip Perspect Infect Dis*. 2020:4513854. DOI: 10.1155/2020/4513854.
19. Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi Disease burden of tuberculosis under different diagnostic scenarios in China: a dynamic modeling study. 2020; 41(4): 580-584. Chinese. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20190706-00497.
20. Chladná Z., Kopfová J., Rachinskii D., Rouf S.C. Global dynamics of SIR model with switched transmission rate. *J Math Biol*. 2020; 80(4): 1209-1233. DOI: 10.1007/s00285-019-01460-2.
21. Barinova A.N., Plavinskiy S.L., Vinogradova N.KH. Using cross-sectional data to assess the intensity of infection of injecting drug users with HIV infection and viral hepatitis C — the absence of risk persistence. *Vestnik Severo-Zapadnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta im. I. I. Mechnikova = Bulletin of the North-Western State Medical University. I. I. Mechnikov*. 2015: 1. (In Russ.)
22. Prozherina YU. By 2030 - without hepatitis C [Internet]. Resurs gruppy Remedium = Remedium group resource. Available from: <https://remedium.ru/health/k-2030-godu-bez-gepatita-s/>. (cited 1.04.2022). (In Russ.)
23. Global health sector strategy for viral hepatitis 2016–2021 1 [Internet]. Na puti k likvidatsii virusnogo gepatita = Towards elimination of viral hepatitis. Rezhim dostupa: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250042/WHO-HIV-2016.06-rus.pdf>. (cited 1.04.2022). (In Russ.)

Сведения об авторе

Рената Азаматовна Яхина

Аспирант

*Башкирский государственный университет,
Уфа, Республика Башкортостан, Россия*

Эл. почта: Renatochka.95@mail.ru

Information about the author

Renata A. Yakhina

Graduate student

*Bashkir State University,
Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia*

E-mail: Renatochka.95@mail.ru