

Научно-практический
рецензируемый журнал

СТАТИСТИКА И ЭКОНОМИКА
Том 17. № 3. 2020

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 №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 29.06.20.
Формат 60x84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 11,5. Тираж 1500 экз.
Заказ

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

СОДЕРЖАНИЕ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ СЧЕТА И МАКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

- А.Б. Духон, О.И. Образцова, Н.Д. Эпштейн*
Проблемы региональной идентификации потерь производства
от пандемии COVID-19 и пути их решения в системе
международных статистических стандартов..... 4

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

- Н.А. Бухарин, М.Б. Ласкин, С.В. Пупенцова*
Определение отраслевых показателей финансового анализа
предприятий (на примере отрасли по добыче сырой нефти
и природного газа) 13

- Лугачев М.И., Ульянова Н.В., Скрипкин К.Г.*
Новые подходы к интерпретации баланса
в цифровой экономике 25

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

- И.Ю. Глебова, Т.А. Долбик-Воробей*
Международная миграция как фактор социально-
экономического развития России 37

- Ю.В. Зинькина, С.Г. Шульгин*
Опыт сценарного прогнозирования численности населения
стран Африки южнее Сахары 47

СОЦИАЛЬНАЯ СТАТИСТИКА

- П.А. Коротков, А.Б. Трубянов, А.А. Авдеева, А.И. Гисмиева*
Статистический анализ влияния загрязнения среды обитания
на заболеваемость населения в Республике Марий Эл 58

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТАТИСТИКЕ

- О.В. Манжула*
Методика выбора рационального метода сбора и первичной
обработки информации при проведении ВПН с учетом
географических и социально-экономических особенностей
регионов 67

СТАТИСТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

- В.А. Судаков, Ю.П. Титов*
Применение модифицированного метода муравьиных колоний
для поиска рационального назначения сотрудников на задачи с
применением нечетких множеств 79

Scientific and practical reviewed
journal

STATISTICS AND ECONOMICS
Vol. 17. № 3. 2020

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 г.

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 29/06/20.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 11,5. 1500 copies.
Order

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

CONTENTS

NATIONAL ACCOUNTS AND MACROECONOMIC STATISTICS

- Anna B. Dukhon, Olga I. Obratsova, Nikita D. Epshtein*
Problems of Regional Identification of Production Losses from
the COVID-19 Pandemic and their Solutions in the System
of International Statistical Standards 10

ECONOMIC STATISTICS

- Nikolay A. Bukharin, Michail B. Laskin, Svetlana V. Pupentsova*
Determination of Industry Indicators of Financial Analysis of
Enterprises (on the Example of the Industry for the Production
of Crude Oil and Natural Gas)..... 13
- Mikhail I. Lugachev, Natalia V. Ulianova, Kirill G. Skripkin*
New Approaches to the Interpretation of Balance in the
Digital Economy..... 25

DEMOGRAPHIC STATISTICS

- Irina I. Glebkova, Tatyana A. Dolbik-Vorobey*
International Migration as a Factor of Social and Economic
Development of Russia..... 37
- Yuliya V. Zinkina, Sergey G. Shulgin*
Scenario Forecasts of Population Dynamics in Some Countries
of Sub-Saharan Africa..... 47

SOCIAL STATISTICS

- Peter A. Korotkov, Aleksey B. Trubyanov, Anastasiya A. Avdeeva,
Alina I. Gismieva*
Statistical Analysis of Environmental Pollution Impact on
Population Morbidity in the Republic of Mari El 58

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN STATISTICS

- Oleg V. Manzhula*
Expert System for the Selection of the Rational Method for
Collecting and Processing Information During Russian Census
Based on Geographical and Socio-Economic Characteristics of
Regions 67

STATISTICAL AND MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMICS

- Vladimir A. Sudakov, Yuri Pavlovich Titov*
Application of the Modified Method of ant Colonies to Search
for Rational Assignment of Employees to Tasks Using Fuzzy
Sets 79

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

Проблемы региональной идентификации потерь производства от пандемии COVID-19 и пути их решения в системе международных статистических стандартов

Цель исследования. Анализ информационных возможностей методологии системы национальных счетов ООН в редакции 2008 года для решения проблем региональной идентификации потерь производства от пандемии COVID-19. Пандемия коронавирусной инфекции вызвала спад производства практически во всех видах экономической деятельности. Правительство РФ определило стратегию противодействия текущему экономическому кризису, спровоцированному пандемией. Круг адресатов антикризисных мероприятий исполнительной власти в секторах производителей определяется и на федеральном, и на региональном уровне по заявленному при регистрации основному виду деятельности, в соответствии с утвержденным перечнем кодов ОКВЭД видов деятельности, наиболее пострадавших от пандемии и режима самоизоляции. Утвержденный перечень таких видов деятельности за последние 2 месяца неоднократно корректировался Правительством РФ, с учетом рекомендаций экспертов и предложений бизнес-структур, чтобы обеспечить наибольшую результативность и адресность государственной поддержки производителей. Обеспечение адресности государственной поддержки при оптимизации распределения между регионами федеральных ресурсов — это актуальная задача, которая требует точной региональной идентификации потерь производства от пандемии COVID-19. Однако решение этой задачи существенно затруднено в отношении деятельности мультирегиональных производителей — предприятий, которые осуществляют производство одновременно на нескольких территориях РФ. Это обусловлено особенностями организации системы статистического учета ресурсов и результатов производства в секторе предприятий. В работе рассматриваются возможности оценки валовой добавленной стоимости на региональном уровне для совокупности местных производящих единиц, сгруппированных по видам экономической деятельности, на основе методологических принципов, гармонизированных с международными стандартами и руководствами актуальной версии системы национальных и региональных счетов и обеспеченных ресурсами официальной (государственной и административной) статистики РФ.

Материалы и методы. Информационную базу исследования составили официальные статистические источники: мета-

данные и руководства международной статистики в области субнационального учета, методологические положения и альбом форм Росстата, а также методологические материалы административной статистики Федеральной налоговой службы (ФНС) и Фонда социального страхования (ФСС). Методологической основой исследования стала система национальных счетов ООН в редакции 2008 года, в том числе европейской системы региональных счетов в редакции 2010 года.

Результаты. В работе проанализированы принципы европейской системы региональных счетов, которые полезно использовать в российской статистике для адекватного учета результатов деятельности мультирегиональных предприятий по месту фактического производства и предложены методологические подходы к оценке количества таких предприятий и результатов их производства на субнациональном уровне. Полученные результаты позволят адекватно оценить потери мультирегиональных предприятий разных видов деятельности от спада производства в результате запрета на межрегиональные связи в период пандемии COVID-19, с целью определения получателей государственной поддержки предприятий в регионах. В частности, предложенный показатель снижения региональной ВДС по наиболее пострадавшим от карантинных мер видам деятельности может использоваться в качестве условия при выделении фондов в рамках преодоления последствий пандемии.

Применение предложенной методологии в расчетах валовой добавленной стоимости по месту фактического производства для совокупности территориально обособленных подразделений мультирегиональных предприятий повысит адресность и результативность государственной поддержки предприятий и предпринимателей, пострадавших от последствий распространения коронавирусной инфекции, и позволит оптимизировать распределение федеральных ресурсов между регионами, что является необходимым условием успешного преодоления «коронакризиса».

Ключевые слова: Экономические последствия коронавирусной инфекции, система региональных счетов, мультирегиональные предприятия, валовая добавленная стоимость, место фактического производства, субнациональный учет.

Anna B. Dukhon, Olga I. Obratsova, Nikita D. Epshtein

Plekhanov Russia University of Economics, Moscow, Russia

Problems of Regional Identification of Production Losses from the COVID-19 Pandemic and their Solutions in the System of International Statistical Standards

Purpose of research. Analysis of the information capabilities of the methodology of the UN national accounts system as amended in 2008 to solve the problems of regional identification of production losses from the COVID-19 pandemic. The coronavirus infection pandemic caused

a decline in production in almost all types of economic activity. The Russian government has identified a strategy to counter the extraordinary economic crisis triggered by the pandemic. The range of addressees of anti-crisis measures of the executive branch in the sectors of producers is

determined, at the federal and regional levels, according to the main type of activity declared during registration, in accordance with the approved list of codes of the Russian National Classifier of Types of Economic Activity for the types of activities that are most affected by the pandemic and self-isolation regime. The approved list of such types of activities over the past 2 months has been repeatedly adjusted by the Government of the Russian Federation, taking into account the recommendations of experts and proposals of business-structures, in order to ensure the highest efficiency and targeted state support for manufacturers. Ensuring targeted state support during optimization of the federal resources distribution between regions – is an urgent task that requires accurate regional identification of production losses from the COVID-19 pandemic. However, the solution of this problem is significantly difficult in relation to the activities of multi-regional producers – enterprises that carry out production simultaneously in several territories of the Russian Federation. This is due to the characteristics of the organization system of statistical accounting of resources and production results in the enterprise sector. The paper considers the possibility of assessing the gross value added at the regional level for the aggregate of local producing units, grouped by the type of economic activity, based on methodological principles harmonized with international standards and guidelines of the current version of the national and regional accounts system and provided with resources of official (state and administrative) statistics of the Russian Federation.

Materials and methods. The research information base was made up of official statistical sources: metadata and international statistics guidelines in the field of subnational accounting, methodological provisions and an album of ROSSTAT forms, as well as methodological materials of administrative statistics of the Federal Tax Service (FTS) and the Social

Insurance Fund. The methodological basis of the study was the United Nations system of national accounts as amended in 2008, including the European system of regional accounts as amended in 2010.

Results. The paper analyzes the principles of the European system of regional accounts, which are useful to use in Russian statistics for adequate accounting of the activities' results of multiregional enterprises at the place of actual production and methodological approaches to assessing the number of such enterprises and the results of their production at the subnational level are proposed. The results obtained will allow us to estimate the loss of multiregional enterprises of different types of activity from the decline in production as a result of the ban on interregional relations during the COVID-19 pandemic, in order to determine the recipients of state support for enterprises in the regions. In particular, the proposed indicator for reducing the regional GVA for the most affected by the quarantine measures activities can be used as a condition for the allocation of funds as part of overcoming the consequences of the pandemic.

The application of the proposed methodology in calculating the gross value added at the place of actual production for the aggregate of geographically separate divisions of multiregional enterprises will increase the targeting and effectiveness of state support for enterprises and entrepreneurs affected by the consequences of the spread of coronavirus infection, and will optimize the distribution of federal resources between regions, which is a prerequisite for successful overcoming "coronacrisis".

Keywords: economic consequences of coronavirus infection, system of regional accounts, multiregional enterprises, gross value added, place of actual production, subnational accounting.

1. Введение

Пандемия коронавирусной инфекции привела экономическую жизнь к хаосу практически во всех странах мира. Ограничение человеческих контактов, необходимое для сдерживания распространения COVID-19, препятствует экономической активности и, тем самым, оказывает огромное давление на производство и его результаты. [1]

В текущем прогнозе ООН, опубликованном 13 мая, наиболее вероятным сценарием развития глобальной экономики под влиянием последствий пандемии считается сокращение на 3,2% в 2020 году (в развитых странах – до 5%), с постепенным восстановлением уровня в 2021 году. Если же после отмены странами карантинных мер, которая ожидается осенью текущего года, произойдёт повторная вспышка инфекции, то сокращение мировой экономики составит 4,9% в 2020 и затем ещё 0,5% в 2021 году. [2] При этом прогнозируемые кумулятивные потери производства в глобальной экономике в 2020 и 2021 годах, по оценкам ООН превысят 8,5 трлн.\$USD.

Для РФ ООН прогнозирует снижение ВВП на 4,3% в 2020 году и рост на 2,9% – в 2021.[3] Российские аналитики подчёркивают, что предприятия, которые не смогли или не успели перейти на распределённую модель бизнеса, со значимым преобладанием Internet-контактов над оффлайн-услугами и реальным обменом товарами, оказались во время «коронакризиса» на грани банкротства. [4]

Под влиянием падения спроса, остановки производств, приостановки или даже полной остановки хозяйственных транзакций между странами и регионами внутреннего рынка, скорость экономического оборота резко, катастрофически упала, возник дисбаланс грузопотоков, углубился кассовый разрыв. Эти факторы создают опасность резкого и глубокого кризиса как для малых и средних предприятий (МСП), «неспособных быстро и без потери качества работы перейти в онлайн-режим, особенно в крупных городах России» [4], так и для крупного мультирегионального бизнеса.

Подводить итоги влияния пандемии COVID-19 на

российскую экономику пока рано – слишком большая неопределённость связана с дальнейшим развитием событий. Однако Правительство РФ уже приняло «План преодоления экономических последствий новой коронавирусной инфекции» [5], в котором определена стратегия противодействия экстраординарному экономическому кризису, спровоцированному пандемией. Круг адресатов антикризисных мероприятий в секторах производителей определяется по заявленному при регистрации основному виду деятельности, в соответствии с утвержденным перечнем кодов ОКВЭД видов деятельности, наиболее пострадавших от пандемии и режима самоизоляции. Помимо перечня федерального правительства, дополнительные списки наиболее пострадавших и, соответственно, дополнительные меры поддержки были разработаны и утверждены региональными правительствами, с учётом специфики размещения производств и хозяйственных связей предприятий региона. На эти цели субъектам РФ, столкнувшимся с падением доходов, будет вы-

делено до 200 млрд руб. Кроме того, в пакете поддержки регионов предусмотрена возможность реструктуризации региональных долгов; в результате снижение расходов по обслуживанию долга составит около 70 млрд руб. [6] Адресность государственной поддержки предприятий и предпринимателей, в условиях ограниченности финансовых, материальных и, что также важно, временных ресурсов, является необходимым условием успешного преодоления «коронакризиса». В свою очередь, обеспечение адресности господдержки — и на региональном, и на федеральном уровне (в контексте распределения между регионами федеральных ресурсов) — требует точной региональной идентификации потерь производства от пандемии COVID-19. Такую идентификацию можно провести только при условии организации в РФ и субъектах РФ адекватного субнационального учёта результатов деятельности предприятий по месту фактического производства, в том числе для мультирегиональных производителей. Поэтому целью предлагаемой работы стало исследование возможностей расчёта валовой добавленной стоимости (ВДС) в регионе для местных производящих единиц, сгруппированных по видам экономической деятельности, на основе методологических принципов, гармонизированных с международными стандартами и руководствами в указанной области и обеспеченных ресурсами официальной (государственной и административной) статистики РФ. Реализация поставленной цели для мультирегиональных единиц позволит оценить и адекватно распределить между территориями потери от пандемии и карантинных мероприятий в том числе и в базовых видах деятельности — отраслях материального производства, которые на сегодняшний день

не получают государственной поддержки, несмотря на разрыв хозяйственных связей между территориально обособленными подразделениями.

2. Источники информации и методология исследования

Информационную базу исследования составили официальные статистические источники: метаданные и руководства международной статистики в области субнационального учёта, методологические положения и альбом форм Росстата, а также методологические материалы административной статистики Федеральной налоговой службы (ФНС) и Фонда социального страхования (ФСС). Методологической основой исследования стала система национальных счетов ООН в редакции 2008 года (СНС ООН 2008), в том числе в части региональных счетов.

Региональные счета особенно важны для «больших экономик», где есть существенные различия в экономическом и социальном развитии разных регионов страны (как это наблюдается в РФ). Составление полной системы счетов на региональном уровне предполагает трактовку каждого региона как отдельной экономической единицы. В этом контексте операции с другими регионами отражаются так, как если бы они были внешними операциями. Тогда единица наблюдения определяется как резидент региональной территории (несмотря на то, что понятие нерезидента принято связывать только с остальным миром). Внешние операции региона при этом следует разделять на операции с другими регионами страны и операции с остальным миром. [7]

В исследовании использовались также базовые руководства, относящиеся к составлению региональных счетов: «Методы региональных сче-

тов — валовая добавленная стоимость и валовое накопление основного капитала по видам деятельности» [8] и «Методы региональных счетов — счета домашних хозяйств» [9], а также обновлённый стандарт построения региональных счетов, который был опубликован в 2013 году, с учётом изменений и дополнений СНС ООН 2008.

Методологическую основу работы составили также рекомендации по расчёту валовой добавленной стоимости на региональном уровне, представленные в Руководстве по методам региональных счетов (“Manual on regional accounts methods”) [10], основанном на концепциях, принципах и подходах, содержащихся в основополагающем документе «Европейская система счетов 2010» (ESA 2010), в главе 13. Указанные методологические рекомендации были разработаны совместно представителями государств — членов ЕС и Статистического управления Европейского союза (Евростат). Руководство 2013 года нацелено на обеспечение пользователей руководящими принципами для обеспечения сопоставимых, последовательных и достоверных статистических результатов, но при этом в нем отмечено, что «ни одна страна не создает полные счета СНС для каждого региона». [11]

Из-за ограниченного использования странами методологии построения региональных счетов, руководство Евростата, сводит все региональные счета к двум учётным категориям: региональными счетам по отраслям и региональным счетам домашних хозяйств. [12]

В нашем исследовании стояла задача региональной идентификации производства по видам экономической деятельности, так как адресность государственной поддержки производителей по месту фак-

тического производства в регионе отнюдь не исключает использования списков наиболее пострадавших отраслей, утверждённых федеральным правительством и региональными правительствами.

3. Территориальная группировка экономических агентов в СНС ООН 2008: монорегиональные, мультирегиональные и национальные единицы

Производство более чем одним месторасположением (регионе резидентства) является характерной чертой предприятий, и этот факт должен учитываться при определении предприятий и регионов, наиболее пострадавших от карантинных мер против COVID-19. Поэтому с точки зрения разработки мер по противодействию последствиям коронавирусного кризиса, особенно важным становится расчёт показателей региональных счетов по месту фактического производства.

Если деятельность предприятия возможно разделить по местоположению, то выделенные территориально обособленные подразделения (ТОП) называются локальными (местными) единицами (*local units* – LU).

При этом многие такие предприятия заняты неоднородной деятельностью – как минимум, имеют вспомогательную и подсобную деятельность, которые отличаются от их основной деятельности. Чтобы получить группы производителей, чья деятельность более однородна с точки зрения производства, структуры затрат и технологии производства, предприятия подразделяются на более мелкие и более

однородные единицы – единицы вида деятельности (*kind-of-activity units* – KAU). Местная единица вида деятельности (местный KAU) является частью KAU, который соответствует местной единице (*local kind-of-activity units* – LKAUs). При выделении единиц, таких как местные единицы вида деятельности. Если KAU занимается производственной деятельностью в нескольких регионах, то экономические показатели о KAU распределяются между ними с целью построения региональных счетов. [13]

В методологии СНС ООН 2008 институциональная единица считается резидентом того региона, где расположен центр ее экономического интереса (рис. 1). В контексте региональных счетов следует рассмотреть три типа экономических агентов: региональные, монорегиональные и национальные (экстрарегиональные) институциональные единицы.

У монорегиональных единиц центр преобладающего экономического интереса находится в одном регионе, и большая часть их деятельности имеет место в этом регионе – к ним относятся домашние хозяйства и корпорации, то есть все заведения, которые находятся в одном регионе, а также местные и региональные органы управления, по крайней мере, часть органов социального обеспечения и многие некоммерческие организации, обслуживающие домашние хозяйства (НКОДХ). У мультирегиональных единиц центр преобладающего экономического интереса находится более, чем в одном регионе, но не по всей стране – в такой ситуации находятся многие корпорации

и часть НКОДХ. Небольшая часть экономических агентов являются национальными единицами. Это означает, что для них центр преобладающего экономического интереса не имеет географически определенного местоположения, даже монорегионального. Это обычно центральные органы управления и небольшое число корпораций (как правило, государственных или с государственным участием), находящихся обычно в монопольном или квазимонопольном положении – таких, как национальные железнодорожные корпорации или национальные электрические корпорации. [13]

Отнесение операций монорегиональных единиц к конкретному региону не вызывает никаких концептуальных или технических проблем. Распределение операций мультирегиональных единиц между различными регионами вызывает большие проблемы и трудности. Основные методологические вопросы рассмотрены авторами при подготовке учебного пособия Статистика предприятий и бизнес-статистика под редакцией О.И. Образцовой. Проблемы обусловлены применяемой в настоящее время практикой агрегирования отчетности предприятий на макроуровне, которая осуществляется без учёта фактического места производства продукции. Территория фактического производства не фиксируется, несмотря на то, что фактически в системе Росстата все, без исключения, предприятия и их территориально обособленные подразделения отчитываются о произведённой продукции и ресурсах своего производства в территориальный орган государственной статистики по месту их фактического расположения. При рассмотрении поставок между единицами одного и того же предприятия в разных регионах применяется рекомендация в пункте 6.104



Рис. 1. Группировка экономических агентов по территориальной структуре в методологии СНС ООН 2008. [13]

Руководства по составлению счетов СНС ООН 2008 о поставках внутри предприятия. Такие поставки учитываются, только если получающая единица принимает ответственность за принятие решений об уровне поставок и ценах, по которым продукция поставляется на рынок. Если это не так, то получающая единица рассматривается как предоставляющая только услугу по обработке посылающей единице. [14] Однако некоторые из операций мультирегиональных единиц в принципе не могут быть распределены между различными регионами, в которых они функционируют. Таким образом, единственными балансирующими статьями для мультирегиональных единиц, которые могут быть определены на региональном уровне, становятся валовая добавленная стоимость (ВДС) и прибыль. По статистической структуре эти трудности аналогичны проблемам, возникающим при построении счетов видов экономической деятельности, когда в отдельных заведениях одного и того же предприятия осуществляются разные виды деятельности.

Распределение операций национальных институциональных единиц по регионам вызывает еще более сложные вопросы вплоть до того, что может возникнуть вопрос о целесообразности таких попыток. В то время как продажи электричества или услуг железных дорог, или оплата труда, выплачиваемая центральными органами управления, могут быть отнесены к регионам, проценты по государственному долгу, выплачиваемые центральными органами управления или национальными корпорациями, не могут быть отнесены к какому-либо географическому местоположению. Следовательно, разумным решением является введение какого-либо национального «квазирегiona»,

который не относится к регионам страны, а рассматривается как экстерриториальный регион. Этот национальный «квазирегion» может включать головные офисы предприятий, которые имеют заведения, расположенные в регионах и относящиеся к ним. [7]

Решение проблемы регионализации деятельности мультирегиональных и гетерогенных единиц определяется наличием информации. При этом возможны две основные ситуации:

1. Имеются все необходимые данные для расчета агрегатов (в том числе ВДС) по всем местным КАУ. В этом случае никаких проблем не возникает; составление агрегатов по отраслям и их правильное региональное распределение является простым.

2. Полная информация существует только на уровне предприятия. Региональные данные должны быть оценены для всех предприятий или КАУ при наличии местных КАУ в разных регионах.

В любом из этих случаев можно предложить методическое решение для расчета региональной ВДС в разрезе видов экономической деятельности, основанное на анализе внутренней структуры и отчетности предприятия – производителя (рис. 2).

1. Если предприятие занимается только вспомогатель-

ной деятельностью и является статистически наблюдаемым, или если оно находится в географически отличном расположении от предприятия, которое оно обслуживает, это предприятие записывается как отдельная единица и выделяется его отраслевая принадлежность, соответствующая его основной деятельности как в национальных, так и региональных счетах.

2. При отсутствии подходящих основных данных, выпуск вспомогательной деятельности оценивается суммированием затрат (ESA 2010, пар. 1,31 и 13,23).

Таким образом, для адекватного учета производства ВДС и, соответственно, для оценки потерь от экстраординарного спада производства на региональном уровне, в отношении мультирегиональных и гетерогенных единиц необходимы учет и агрегирование форм отчетности по специальной программе и регулярный статистический профайлинг для анализа и контроля их территориальной структуры. В дальнейшем статистическое профилирование (профайлинг), на основе счетов МСФО для предприятий со сложной структурой производства или практикующих аутсорсинговые операции, может также послужить дополнительным источником информации для



Рис. 2. Схема подходов к территориальной группировке информации о производстве мультирегиональных единиц на субнациональном уровне

оценки ВДС на территории определённого региона.

Напомним, что профайлинг — это практика использования специалистом-статистиком бухгалтерских счетов компании, часто в сочетании с проведением опросов руководства предприятия, с целью формирования и определения структуры предприятия.

4. Система учёта деятельности многотерриториальных организаций в российской статистике

Сводные данные о средней численности работников, фонде начисленной заработной платы, выпуске товаров и услуг формируются Росстатом по каждому виду экономической деятельности, осуществляемому предприятиями и их территориально-обособленными подразделениями («чистый» вид деятельности). Теоретические вопросы о статистическом исследовании деятельности много территориальных организаций рассмотрены авторами при подготовке учебного пособия Статистика предприятий и бизнес-статистика под редакцией О.И. Образцовой.

Отдельного рассмотрения требует система наблюдения за территориально-обособленными подразделениями крупных и средних организаций (ТОПами), которые по месту своего расположения может осуществлять один или несколько видов деятельности. Определение основного вида деятельности ТОП, имеющего несколько видов деятельности, осуществляется в соответствии с рассмотренными выше стандартными критериями выделения местных производственных единиц Евростата в порядке, установленном действующими инструктивными материалами Росстата.

В настоящее время основ-

ным источником информации о территориально-обособленных подразделениях юридических лиц являются структурные обследования по форме № 1-предприятие.

Введение в статистическую практику такой единицы наблюдения как территориально-обособленные подразделения объясняется следующим новыми потребностями бизнес-среды:

- развитием региональной и муниципальной статистики;
- развитием наблюдений за процессами глобализации в экономике;
- расширением структурных обследований в статистике предприятий и отраслевых статистиках;
- повышением достоверности данных, разрабатываемых в территориальном разрезе и группировке по «чистым» отраслям экономики, (что необходимо при формировании национальных счетов).

Внедрение территориально-обособленных подразделений как объекта учета при организации статистических наблюдений повлекло за собой реконструкцию Генеральной совокупности объектов статистического наблюдения (ГС). Это связано с необходимостью формировать в ее составе сведения не только об организациях, но и об их территориально-обособленных подразделениях.

Начиная с 2003 года, в системе государственной статистики регулярно проводится работа по сбору и внесению данных о территориально-обособленных подразделениях различных отраслей экономики в Генеральную совокупность объектов статистического наблюдения.

Систематизация сведений о территориально-обособленных подразделениях юридических лиц, полученных в результате обследования предприятий по форме № 1-предприятие, осуществляется по следующим

направлениям:

- идентификационные показатели (код ОКПО, краткое наименование местной единицы);
- классификационные показатели;
- справочные показатели (тип местной единицы, состояние местной единицы, дата актуализации, почтовый адрес, наличие годовой бухгалтерской отчетности и статистической отчетности и др.);
- экономические показатели (средняя численность работников, фонд начисленной заработной платы, оборот, продукция собственного производства, переданная территориально-обособленным подразделениям, расположенным на территории другого субъекта РФ);
- технологические (дата и тип актуализации, признак источника заполнения кода ОКВЭД, дополнительные признаки и др.).

Необходимо отметить, что все территориально-обособленные подразделения, занесенные в ГС, — это ТОПы крупных и средних предприятий, так как только эти типы предприятий участвуют в обследованиях по форме № 1-предприятие.

По ТОПам в ГС вносятся следующие данные:

- наименование территориально-обособленного подразделения;
- местонахождение;
- код территории по ОКТМО;
- наименование основного вида экономической деятельности по ОКВЭД;
- код по ОКВЭД;
- средняя численность работников (работники списочного состава, внешние совместители, работники, выполнявшие работы по договорам гражданско-правового характера), человек;
- фонд начисленной заработной платы всех работников (работники списочного состава)

Оценка наличия ТОПов у российских предприятий в 2005–2018 гг. (млн ед.)

Показатель	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Кол-во предприятий по данным гос. регистрации, всего	4,77	4,51	4,67	4,77	4,91	4,82	4,87	4,89	4,84	4,89	5,04	4,76	4,56	4,21
Кол-во предприятий, имеющих ТОПы (юр. лиц)*	0,11	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,11	0,10
Количество ТОПов юрлиц*	0,16	0,16	0,18	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,20	0,19
Среднее кол-во ТОПов, ед. на 100 предприятий*	141	147	152	167	169	172	175	179	182	194	202	201	174	186

* по мультипредприятиям, без субъектов малого предпринимательства, государственных, муниципальных учреждений, банков, страховых и прочих финансовых и кредитных организаций

Источник: расчёты авторов по данным Росстата (Росстат, 2020)

ва, внешние совместители, работники, выполнявшие работы по договорам гражданско-правового характера), тысяч рублей;

- оборот (без НДС, акцизов и других аналогичных обязательных платежей).

Масштаб распространения в РФ такого явления, как наличие ТОПов у российских предприятий РФ в 2005–2018 гг., можно проиллюстрировать данными таблицы 1.

Как видно из таблицы 1, в 2018 году в среднем на 100 мультирегиональных предприятий в России было зарегистрировано 186 ТОПов, их общее количество составляло 186263 единицы, и оно неуклонно росло с 2005 года, в среднем на 2,2% в год. Приведённые данные позволяют оценить масштаб явления и дать количественную оценку наличия ТОПов у российских мультирегиональных предприятий. Учитывая, что эти предприятия, независимо от вида деятельности, понесли серьёзные потери, в результате карантинных мер против COVID-19, фактически разрушивших пространственные связи между регионами, их также следует рассматривать как наиболее пострадавшие от последствий пандемии. Возможно, из-за текущей неполной определённости размера потерь, целесообразно делегировать на региональный уровень меры особой поддержки государства (стресс-тестирование, еженедельный монито-

ринг работы мультирегиональных предприятий и их ТОПов в соответствующих регионах, при необходимости — адресную поддержку за счёт целевых средств, выделенных региону для преодоления последствий пандемии). При этом региональную структуру мультирегиональных предприятий представляется целесообразным определять как на основе первичной статистической отчётности [16], так и методом активного статистического профайлинга. Активный профайлинг позволит в полном объёме реализовать функции статистического наблюдения и контроля экономических проблем, которые возникли не только в мультирегиональных производствах, но и при использовании аутсорсинга, в том числе субъектами малого предпринимательства. Таким образом, использование Росстатом ТОПов в качестве единицы наблюдения и активного профайлинга в качестве метода наблюдения является обоснованным.

5. Основные выводы: общие принципы региональной идентификации потерь производства в разрезе местных единиц вида деятельности в соответствии с международными стандартами

Производство мультирегиональных и национальных предприятий, а также широкое распространение аутсорсинга как

формы мультирегиональных производств приводит к тому, что региональные экономики очень сложно отделить друг от друга. Они по-разному могут быть связаны между собой, и, как правило, отсутствуют какие-либо явные административные действия — такие, как налогообложение, таможенное оформление или разрешения, на которых может основываться статистика для наблюдения за этой взаимосвязью.

Решить проблемы идентификации результатов производства и, соответственно, оценить потери от «коронакризиса» в конкретном регионе, то есть для конкретного ТОПа возможно для субъектов РФ, применяя принципы системы региональных счетов; с учётом особенностей организации и системы информации российской статистики наиболее методологически подходящей представляется европейская система региональных счетов.

Система региональных счетов даёт возможность получить региональные оценки статей и агрегатов по месту фактического производства, интерпретация и содержательная структура которых совместимы не только между регионами или в динамике, но и с национальными показателями. Следовательно, эти оценки могут быть использованы для оценки потерь от спада производства в результате запрета на межрегиональные связи, при решении вопросов государственной

поддержки видов экономической деятельности в регионах. В частности, показатель снижения региональной ВДС по наиболее пострадавшим от карантинных мер видам деятельности может использоваться в качестве условия при выделении фондов в рамках преодоления последствий пандемии.

Для построения таких оценок необходимо систематизировать информацию о выпуске, промежуточном потреблении и, следовательно, добавленной стоимости по кодам территориального органа Росстата, принявшего формы отчётности статистики предприятий у каждого ТОПа.

Соответственно, все отчётные операции должны быть отнесены к региону, в котором однородная в территориальном и функциональном отношении производящая единица является резидентом, то есть имеет преимущественный центр экономического интереса. При этом производственная деятельность без значительных затрат труда в фиксированном месте (например, ветряные мельницы, добыча нефти и газа, интернет-хабы, телекоммуникационные сети, особенно для мобильных телефонов) и коммунальные услуги, которые разделены на инфраструктуру и эксплуатацию полезно,

как это рекомендуется в (ESA, 2010) [17], рассматривать как условные единицы.

Региональные оценки расходов работодателей на труд должны отражать заработную плату по месту работы, а не по месту проживания работников или самозанятых. В этом случае изменение сальдо трудовой маятниковой миграции в результате ограничения передвижения даст дополнительную возможность измерить чистый пригородный приток/отток добавленной стоимости, который составил последствия кризисных явлений, вызванных распространением коронавирусной инфекции.

Литература

1. Mühleisen M. Mitigating Economic Fallout of Coronavirus [Электрон. ресурс] // Transcript of IMF podcast. 2020. Режим доступа: <https://www.imf.org/en/News/Podcasts/All-Podcasts/2020/03/20/martin-muhleisen-coronavirus>
2. ООН. World Economic Situation and Prospects as of mid-2020 [Электрон. ресурс]. 2020. Режим доступа: <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/world-economic-situation-and-prospects-as-of-mid-2020/>
3. Трунин П.В., Евсеев А.С., Исхакова Ф.Я. Оперативный мониторинг мер социально-экономической политики различных стран по смягчению последствий COVID-19 [Электрон. ресурс] // Мониторинг экономической ситуации в России: тенденции и вызовы социально-экономического развития. 2020. № 13 (115). Режим доступа: https://www.iep.ru/upload/iblock/05e/22_05_2020_trunin.pdf
4. Земцов С.П., Царёва Ю.В. Тенденции развития сектора малых и средних предприятий в условиях пандемии и кризиса [Электрон. ресурс] // Мониторинг экономической ситуации в России: тенденции и вызовы социально-экономического развития. 2020. № 10 (112). С. 155–167. Режим доступа: https://www.iep.ru/files/text/crisis_monitoring/2020_10-112_April.pdf
5. Правительство РФ. План преодоления экономических последствий новой коронавирусной инфекции [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://economy.gov.ru/material/file/2da5d9aaf0ab781b3266b06f7f2d192c/Plan.pdf>
6. Скиданов Ю. А. Экономика пандемии: кто получит помощь государства [Электрон. ресурс] // Парламентская газета. 2020. Режим доступа: <https://www.pnp.ru/economics/ekonomika-pandemii-kto-poluchit-pomoshh-gosudarstva.html>
7. Eurostat. Regional accounts methods – Gross value-added and gross fixed capital formation by activity. 1995.
8. Eurostat. Regional accounts methods – Households Accounts. 1996.
9. Eurostat. Manual on regional accounts methods [Электрон. ресурс]. 2013. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5937641/KS-GQ-13-001-EN.PDF/7114fba9-1a3f-43df-b028-e97232b6bac5>
10. Eurostat. European system of accounts ESA [Электрон. ресурс]. 2010. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334>
11. ООН. Руководство по составлению счетов СНС ООН 2008. New York: UN, 18.51. 2008.
12. Eurostat. European system of accounts ESA [Электрон. ресурс]. 2010. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334>. С. 14.
13. ООН. Руководство по составлению счетов СНС ООН 2008. New York: UN, 2008. 6.104.
14. Образцова О. И. Статистика предприятий и бизнес-статистика. М.: НИУ ВШЭ, глава 2. 2011.
15. Eurostat. European system of accounts ESA [Электрон. ресурс]. 2010. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334>

References

1. Mühleisen M. Mitigating Economic Fallout of Coronavirus [Internet]. Transcript of IMF podcast. 2020. Available from: <https://www.imf.org/en/News/Podcasts/All-Podcasts/2020/03/20/martin-muhleisen-coronavirus>
2. OON. World Economic Situation and Prospects as of mid-2020 [Internet]. 2020. Available from: <https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/world-economic-situation-and-prospects-as-of-mid-2020/>
3. Trunin P.V., Yevseyev A.S., Iskhakova F.Ya. Operational monitoring of measures of socio-economic policies of various countries to mitigate the effects of COVID-19 [Internet]. Monitoring ekonomicheskoy situatsii v Rossii: tendentsii i vyzovy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya = Monitoring the economic situation in Russia: trends and challenges of socio-economic development. 2020; 13 (115). Available from: https://www.iep.ru/upload/iblock/05e/22_05_2020_trunin.pdf. (In Russ.)
4. Zemtsov S.P., Tsarova Yu.V. Trends in the development of the sector of small and medium enterprises in a pandemic and crisis [Internet]. Monitoring ekonomicheskoy situatsii v Rossii: tendentsii i vyzovy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya = Monitoring the economic situation in Russia: trends and challenges of socio-economic development. 2020; 10 (112): 155 - 167. Available from: https://www.iep.ru/files/text/crisis_monitoring/2020_10-112_April.pdf. (In Russ.)
5. Pravitel'stvo RF. Plan preodoleniya ekonomicheskikh posledstviy novoy koronavirusnoy infektsii = The Government of the Russian Federation. Plan to overcome the economic consequences of a new coronavirus infection [Internet]. Available from: <https://economy.gov.ru/material/file/2da5d9aaf0ab781b3266b06f7f2d192c/Plan.pdf>. (In Russ.)
6. Skidanov Yu.A. Economics of a pandemic: who will receive state assistance [Internet]. Parlamentskaya gazeta = Parliamentary newspaper. 2020. Available from: <https://www.pnp.ru/economics/ekonomika-pandemii-kto-poluchit-pomoshh-gosudarstva.html>. (In Russ.)
7. Eurostat. Regional accounts methods – Gross value-added and gross fixed capital formation by activity. 1995.
8. Eurostat. Regional accounts methods – Households Accounts. 1996.
9. Eurostat. Manual on regional accounts methods [Internet]. 2013. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5937641/KS-GQ-13-001-EN.PDF/7114fba9-1a3f-43df-b028-e97232b6bac5>
10. Eurostat. European system of accounts ESA [Internet]. 2010. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334>
11. OON. Rukovodstvo po sostavleniyu schetov SNS OON 2008 = UN. UN SNA billing guide 2008. New York: UN; 18.51. 2008.
12. Eurostat. European system of accounts ESA [Internet]. 2010. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334>. S.14.
13. OON. Rukovodstvo po sostavleniyu schetov SNS OON 2008 = UN. UN SNA 2008 Billing Guidelines. New York: UN; 2008. 6.104.
14. Obratsova O. I. Statistika predpriyatiy i biznes – statistika = Statistics of enterprises and business statistics. Moscow: HSE, Chapter 2; 2011. (In Russ.)
15. Eurostat. European system of accounts ESA [Internet]. 2010. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334>

Сведения об авторах

Анна Борисовна Духон

К.э.н., доцент, ведущий научный сотрудник
Научной лаборатории «Количественные методы
исследования регионального развития»
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Москва Россия
Эл. почта: Dukhon.AB@rea.ru

Ольга Исааковна Образцова

К.э.н., доцент, ведущий научный сотрудник
Центра статистики и науки о данных
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Москва Россия
Эл. почта: Obraztsova.OI@rea.ru

Никита Дмитриевич Эпштейн

К.э.н., директор Центра статистики и науки
о данных
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Москва Россия
Эл. почта: Epstein.ND@rea.ru

Information about the authors

Anna B. Dukhon

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor, Leading
Researcher at the Scientific Laboratory “Quantitative
Methods for Researching Regional Development”
Plekhanov Russia University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: Obraztsova.OI@rea.ru

Olga I. Obraztsova

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor, Leading
Researcher, Center for Statistics and Data Science
Plekhanov Russia University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: Obraztsova.OI@rea.ru

Nikita D. Epshtein

Cand. Sci. (Economics), Director of the Center for
Statistics and Data Science
Plekhanov Russia University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: Epstein.ND@rea.ru

Определение отраслевых показателей финансового анализа предприятий (на примере отрасли по добыче сырой нефти и природного газа)

Целью исследования является развитие теоретических и методологических положений анализа отраслевых финансовых показателей. Актуальность выбранной темы подтверждается с одной стороны востребованностью отраслевых показателей у всех лиц, заинтересованных в финансово-сравнительном анализе предприятий, с другой стороны трудоемкостью и отсутствием методики выведения отраслевых показателей финансового анализа предприятий.

Материалы и методы: В исследовании использовались системный и сравнительный анализ, методы экономического и финансового анализа финансовой отчетности предприятий отрасли и методы статистической оценки основных параметров выборки с логнормальным распределением. Основное внимание уделено применению многомерного статистического анализа, использованию модели логарифмически нормальных распределений, рекомендованных для распределений с ярко выраженной правосторонней асимметрией. В качестве статистического материала были использованы бухгалтерские данные предприятий отрасли по добыче сырой нефти и природного газа за 2016 год. Объем выборки составил 185 предприятия. В ходе исследования авторами решены следующие задачи: предложены этапы анализа определения отраслевых финансовых показателей, выполнена проверка гипотезы о логнормальном распределении маргинальных распределений основных финансовых показателей выборки, реализована проверка гипотезы о совместно нормальном распределении многофакторного случайного вектора финансовых показателей выборки, получены наиболее вероятные значения показателей финансового анализа для отрасли по добыче сырой нефти и природного газа.

Результаты: Теоретической значимостью работы является предложенный авторами алгоритм расчета отраслевых показателей финансового анализа, отличающийся получением модаль-

ных значений на основе анализа многомерного логарифмически нормального распределения вектора финансовых показателей выборки предприятий. В ходе исследования авторами получены распределения по основным показателям с ярко выраженной правосторонней асимметрией и проведена проверка гипотезы о логнормальном распределении маргинальных распределений. В работе приведен алгоритм проверки гипотезы о совместной нормальности девятимерного случайного вектора. Получены медианные и модальные значения отраслевых и финансовых показателей. Авторами проведен анализ различий между медианными и модальными результатами исследования. Для анализа рассмотрен трехмерный случайный вектор, включающий выручку, рентабельность собственного капитала и оборачиваемость дебиторской задолженности. Отличие медианных и модальных результатов объясняется правосторонней асимметрией распределения. Данные авторами рекомендации для определения отраслевых показателей финансового анализа предприятий отрасли по добыче сырой нефти и природного газа носят практический характер и применимы для других отраслей.

Заключение. В работе показано, что ориентация на общепринятые рекомендуемые значения показателей покрытия, финансового рычага, иммобилизации, рентабельности и оборачиваемости представляется некорректной в силу разнообразия специфических особенностей деятельности предприятий различных отраслей. Рекомендуем рассчитывать наиболее вероятные отраслевые коэффициенты по группам в зависимости от масштаба предприятия (выручки или капитализации).

Ключевые слова: логарифмически нормальный закон распределения, анализ финансово-хозяйственной деятельности, отраслевые финансовые коэффициенты, финансовая устойчивость, платёжеспособность, рентабельность, оборачиваемость.

Nikolay A. Bukharin¹, Michail B. Laskin², Svetlana V. Pupentsova¹

¹ Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg institute of informatics and automation Russian Academy of Science (SPIIRAS), Saint Petersburg, Russia

Determination of Industry Indicators of Financial Analysis of Enterprises (on the Example of the Industry for the Production of Crude Oil and Natural Gas)

The aim of the study is the development of theoretical and methodological principles of the analysis of industry financial indicators. The relevance of the topic is confirmed on the one hand by the demand for industry indicators for all persons interested in financial and comparative analysis of enterprises, on the other hand by the complexity and lack of methods for deriving industry indicators of the financial analysis of enterprises.

Materials and methods. The study used a system and comparative

analysis, methods of economic and financial analysis of the financial statements of enterprises in the industry, and methods of statistical evaluation of the main parameters of the sample with a lognormal distribution. The main attention is paid to the use of multivariate statistical analysis, the use of the model of lognormal distributions recommended for distributions with pronounced right-hand asymmetry. As the statistical material, the accounting data of the enterprises of the industry for the

extraction of crude oil and natural gas for 2016 were used. The sample size was 185 enterprises. In the course of the study, the authors solved the following tasks: proposed stages of analysis for determining industry financial indicators, tested the hypothesis of a lognormal distribution of marginal distributions of the main financial indicators of the sample, tested the hypothesis of a jointly normal distribution of a multi-factor random vector of financial indicators of the sample, obtained the most likely values of financial analysis indicators for the industry of crude oil and natural gas production.

Results. The theoretical significance of the work is the algorithm proposed by the authors for calculating industry-specific indicators of financial analysis, characterized by obtaining modal values based on the analysis of the multidimensional logarithmically normal distribution of the vector of financial indicators of a sample of enterprises. In the course of the study, the authors obtained distributions for the main indicators with a pronounced right-hand asymmetry and tested the hypothesis of the lognormal distribution of marginal distributions. The paper presents an algorithm for testing the hypothesis of joint normality of a nine-dimensional random vector. Median and modal values of industry and

financial indicators were obtained. The authors analyzed the differences between the median and modal results of the study. For analysis, a three-dimensional random vector is considered, including revenue, return on equity and turnover of accounts receivable. The difference between median and modal results is explained by the right-hand asymmetry of the distribution. The recommendations, given by the authors for determining industry indicators of financial analysis of enterprises in the industry for the extraction of crude oil and natural gas are practical in nature and are applicable to all industries.

Conclusion. In the work, it is shown that the orientation toward generally established recommended values of coverage indicators, financial leverage, immobilization, profitability and turnover seems incorrect due to the variety of specific features of enterprises in various industries. We recommend calculating the most likely industry coefficients by groups depending on the size of the enterprise (revenue or capitalization).

Keywords: logarithmically normal distribution law, analysis of financial and economic activity, industry financial ratios, financial stability, solvency, profitability, turnover.

Введение

Анализ финансово-хозяйственной деятельности необходим собственниками менеджерам компании для контроля и принятия управленческих решений. Отраслевые финансовые показатели используются аналитиками и оценщиками при сравнительном анализе финансовых коэффициентов анализируемого предприятия со среднеотраслевыми, при подборе объектов-аналогов в оценке бизнеса, при выявлении сильных и слабых сторон хозяйствующего субъекта, при построении стратегии развития предприятия. *Актуальность выбранной темы подтверждается* с одной стороны востребованностью отраслевых показателей у всех лиц, заинтересованных в финансово-сравнительном анализе предприятий, с другой стороны трудоемкостью и отсутствием методики выведения отраслевых показателей финансового анализа предприятий.

Изученность проблемы. Алгоритм проведения анализа финансово-хозяйственной деятельности организации, приведенный в [1], сводится к расчету финансовых коэффициентов по анализируемой компании и последующему их сравнению с рекомендованными в [1] значениями. При этом многие авторы [2–11] отмечают, что отраслевые финансовые коэф-

фициенты могут существенно отличаться от рекомендованных, поэтому при сравнительном анализе лучше использовать отраслевые показатели.

В открытом доступе на портале TestFirm [5], созданном аудиторской фирмой «Авдеев и К» по данным 2,2 млн предприятий РФ, приведены ключевые финансовые показатели по 96 видам деятельности. Отраслевые финансовые коэффициенты выведены по основным направлениям финансового анализа: финансовая устойчивость, платёжеспособность, рентабельность и оборачиваемость. Авторы портала рекомендуют использовать медианные значения, но возможно вывести и средние арифметические значения в динамике с 2012 года. Информация на портале TestFirm [5] актуальная, бесплатная и удобна для проведения сравнительного анализа. Но, так как не представлены исходные данные и алгоритм выведения ключевых финансовых показателей предприятий по видам деятельности доверие к выведенным отраслевым показателям резко снижается.

Теоретические и практические аспекты нормативных значений коэффициентов финансовой устойчивости рассматриваются в работах Касимова Д.Ф. [2], Мишина Н.Д. и Ливинцовой М.Г. [3], Федоровой Е.А., Чухланцевой М.А.

и Черкизова Д.В. [4], отраслевых финансовых коэффициентов исследованы Шипицыным А.В. и Журавлевой Н.В. [6], Пашенко Т.В. (в том числе для энергетической отрасли) [7], Андриенко Е.А., Баландиной А.С., Андриенко О.В. и Пичугиной Ж.С. (на примере нефтегазового сектора Томской области) [8], Муравьевой Н.Н. и Тапалевой Н.С. (на примере предприятий малого и среднего бизнеса Волгоградской области) [9], Рытовой Е.В., Гутман С.С., Козовым А.В. (на примере оценки потенциала региона ЯНАО) [10], Козлова А.В., Рытовой Е.В., Гутман С.С., Зайченко И.М. (на примере оценки уровня промышленного развития на основе нечетко-множественных методов) [11]. Считаем необходимым отметить, что перечисленные исследования носят прикладной и фрагментарный характер и не раскрывают общего алгоритма оценки отраслевых финансовых показателей предприятий.

Целью нашего исследования является развитие теоретических и методологических положений анализа отраслевых финансовых показателей на примере предприятий отрасли по добыче сырой нефти и природного газа на основе методологического и сравнительного анализа, статистических методов, методов экономического и финансового анализа.

Задачи исследования:

- описать этапы анализа определения отраслевых показателей финансового анализа;
- описать процесс и провести проверку гипотезы о логнормальном распределении маргинальных распределений основных финансовых показателей выборки;

- описать процесс и провести проверку гипотезы о совместно нормальном распределении многофакторного случайного вектора финансовых показателей выборки;

- получить наиболее вероятные значения показателей финансового анализа для отрасли по добыче сырой нефти и природного газа.

Объектом исследования являются бухгалтерские данные (форма 1 и форма 2) предприятий отрасли по добыче сырой нефти и природного газа за 2016 год [12].

Предметом исследования выступают отраслевые показатели финансового анализа.

Теоретической значимостью работы является предложенный авторами алгоритм расчета отраслевых показателей финансового анализа, отличающийся получением модальных значений на основе анализа многомерного логарифмически нормального распределения вектора финансовых показателей выборки.

Практическая значимость. Данные авторами методические рекомендации носят практический характер и применимы для оценки основных финансовых показателей в динамике для всех отраслей народного хозяйства.

Описание основных этапов анализа определения отраслевых финансовых показателей

Основные этапы анализа определения отраслевых финансовых показателей приведены на рисунке 1.

Остановимся на этапах анализа подробно.

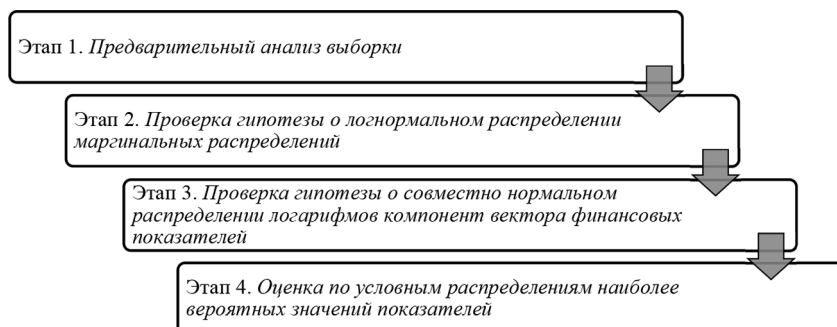


Рис. 1. Основные этапы определения отраслевых показателей финансового анализа

Этап 1. Предварительный анализ.

Для анализа отберём из всех компаний отрасли по добыче сырой нефти и природного газа только безубыточные с положительными чистой прибылью и стоимостью собственного капитала. Объем выборки составил 185 предприятия. Для всех предприятий выборки по данным бухгалтерского учета (форма 1 и форма 2) за 2016 год [12] рассчитаем наиболее востребованные при оценке бизнеса финансовые коэффициенты [13]:

- коэффициент покрытия (оборотные активы / текущие пассивы);
- коэффициент финансового рычага (собственные средства / заемных средства);
- коэффициент иммобилизации (оборотные активы / внеоборотные активы);
- рентабельность собственных активов (чистая прибыль / собственные средства);
- оборачиваемость дебиторской задолженности (ДЗ) ($365 \times \text{дебиторская задолженность} / \text{выручка}$), дни;
- оборачиваемость кредиторской задолженности (КЗ) ($365 \times \text{кредиторская задолженность} / \text{себестоимость}$), дни;
- оборачиваемость запасов (З) ($365 \times \text{запасы} / \text{себестоимость}$), дни;
- коэффициент маневренности (собственные оборотные средства / собственные средства).

Построим распределения предприятий по выручке и

по полученным финансовым коэффициентам показателям (рис. 2).

Полученные распределения по основным показателям имеют ярко выраженную правостороннюю асимметрию [14]. Проверка гипотезы о логнормальном распределении маргинальных распределений способствует дальнейшей оценки параметров по логарифмам показателей.

Этап 2. Проверка гипотезы о логнормальном распределении маргинальных распределений.

Проверку гипотезы о логнормальном распределении выручки и основных финансовых показателей проведём с помощью теста Колмогорова-Смирнова. При тестировании рассчитаем вероятность p -value, с которой числовой ряд, составленный из логарифмов исходных данных, удовлетворяет нормальному закону распределения. Гипотеза о согласии распределения переменной с нормальным законом принимается, если значение p -value выше уровня значимости 0,05. В качестве примера приведем график эмпирического распределения логарифма выручки и модельного нормального распределения (рис. 3).

В таблице 1 сведены значения вероятностей p -value при аналогичном тестировании остальных компонент. Для коэффициента маневренности, в связи с тем, что у него есть отрицательные значения, введем искусственную переменную

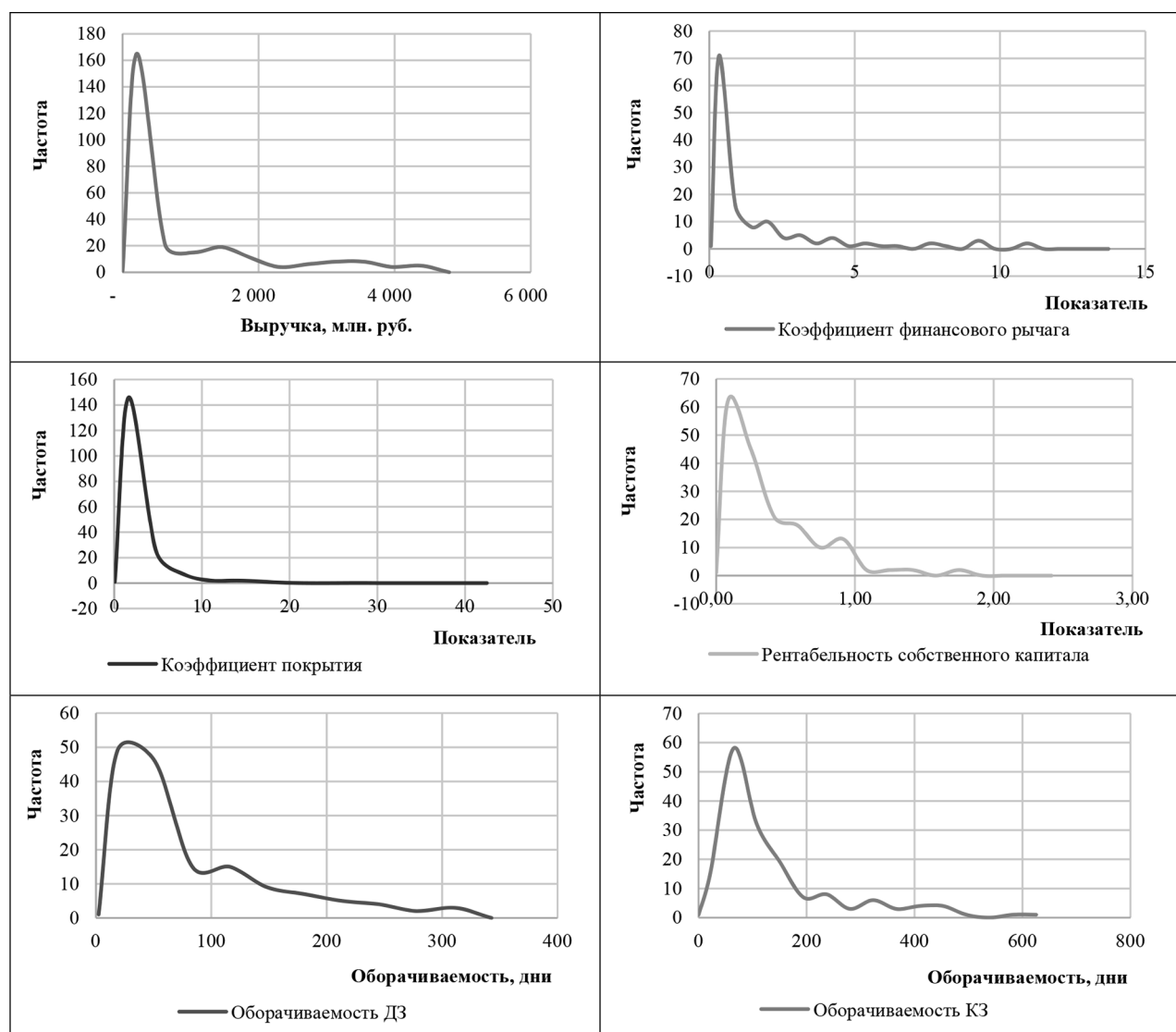


Рис. 2. Распределение основных финансовых показателей (объем выборки 185 предприятий)

$\bar{X} = -\bar{x} + 1,01$, где $\bar{x}$ – вектор эмпирических наблюдений коэффициента маневренности.

Таким образом, при исследовании маргинальных распределений было показано, что все они с разной степенью «качества», но на уровне значимости 95%, могут быть приближены модельной логарифмически нормальной плотностью, следовательно, гипотеза о логарифмически нормальном распределении всех показателей таблицы 1 не отвергается и остается в качестве рабочей гипотезы.

Напомним, что математическое ожидание (среднее) выборки с логнормальным распределением определяется по формуле:

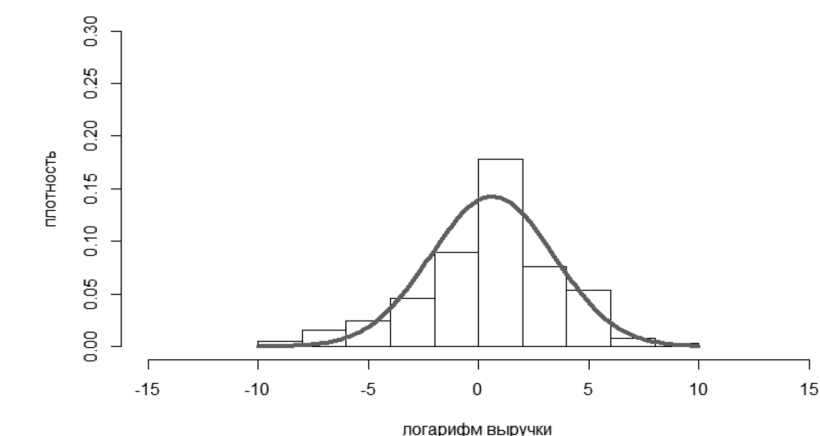


Рис.3. Распределение основных финансовых показателей (объем выборки 185 предприятий)

$$e^{\mu + \sigma^2/2}, \quad (1) \quad \text{медиана логнормальной плотности рассчитывается по формуле}$$

$$e^{\mu}, \quad (2) \quad \text{а мода исчисляется по формуле}$$

$$e^{\mu - \sigma^2}, \quad (3)$$

Таблица 1

Результаты вероятности p -value для логарифма показателей

Коэффициенты	Значение вероятности p -value
выручка	0,711
коэффициент покрытия	0,204
коэффициент финансового рычага	0,197
коэффициент иммобилизации	0,061
рентабельность собственных активов	0,647
оборачиваемость дебиторской задолженности	0,633
оборачиваемость кредиторской задолженности	0,455
оборачиваемость запасов	0,062
коэффициент маневренности	0,069

где e — основание натурального логарифма, математическая константа, μ — математическое ожидание логарифмов показателя, σ среднее квадратическое (стандартное) отклонение логарифмов показателя от их среднего значения. Подробно об особенностях оценки параметров выборки с логнормальным распределением см. [15].

Ниже в таблице 2 приведем сравнительный анализ основных параметров оценки показателей выборки с логнормальным распределением разных объемов и приведем значения основных финансовых показателей по данным портала TestFirm [5].

В таблице 2 показано во сколько раз могут отличаться средние значения и медиана от моды, если в выборке сохранить аномальные значения, приводящие к высоким значениям стандартного от-

клонения. Результат оценки будет неустойчивым, до тех пор, пока из выборки не будут удалены аномальные значения. Ярко выделяющиеся значения рекомендуется удалить из выборки, известными в статистике техниками по удалению выбросов. Такие значения всегда находятся на значительном удалении от центра рассеяния, исключая их мы значительно сокращаем «разброс», делая оценки более устойчивыми.

После удаления выбросов техническими приемами в выборке осталось 138 предприятий, результаты основных параметров по выборке приведены в таблице 2.

Так как для всех показателей могут быть подобраны модельные логарифмически нормальные плотности, следующим шагом исследования является проверка гипотезы о совместном нормальном распределении компонент. [16]

Этап 3. Проверка гипотезы о совместном нормальном распределении логарифмов компонент вектора финансовых показателей

Объединим в один массив данные по выручке и рассчитанным показателям, введя следующие обозначения:

X_0 — выручка в млрд руб. в год;

X_1 — коэффициент покрытия;

X_2 — коэффициент финансового рычага;

X_3 — коэффициент иммобилизации;

X_4 — рентабельность собственного капитала;

X_5 — оборачиваемость дебиторской задолженности;

X_6 — оборачиваемость кредиторской задолженности;

X_7 — оборачиваемость запасов;

X_8 — искусственная переменная $\bar{X} = -\bar{x} + 1,01$ для коэффициента маневренности.

Гипотеза о совместной нормальности логарифмов переменных $X_0, \dots, X_8$ является гипотезой о совместной нормальности 9-ти мерного случайного вектора.

Известна следующая теорема: совместное распределение компонент случайного вектора $(Y_1, \dots, Y_n)$ нормально тогда и только тогда, когда любая линейная комбинация этих компонент $c_0 Y_1 + \dots + c_n Y_n$ имеет нормальное распределение. Так как пока отсутствуют

Таблица 2

Результаты расчета основных параметров по выборке показателей

Коэффициенты	Расчетные значения по выборке объемом 185			Расчетные значения по выборке объемом 138			Значения TestFirm [5]	
	среднее	медиана	мода	среднее	медиана	мода	среднее	медиана
коэффициент покрытия	2,72	1,55	0,50	2,59	1,67	0,69	2,25	1,08
коэффициент финансового рычага	25,93	1,80	0,01	2,07	0,82	0,13	0,04	1,92
коэффициент иммобилизации	7,35	0,98	0,02	3,84	1,30	0,15	0,85	0,64
рентабельность собственных активов	0,72	0,23	0,02	0,54	0,19	0,02	0,28	0,15
оборачиваемость дебиторской задолженности	318	91	8	114	68	25	371	74
оборачиваемость кредиторской задолженности	465	140	13	153	113	62	н/д	н/д
оборачиваемость запасов	146	28	1	44	21	5	111	14
коэффициент маневренности	-4,05	-0,67	-0,02	-1,20	-0,39	-0,04	-7,19	0

апробированные библиотечные функции проверки многомерных распределений на совместную нормальность, мы используем следующий прием (реализовано в статистическом пакете R):

— с помощью библиотечной функции `runif(9,0,1)` случайным образом генерируются коэффициенты $c_0, \dots, c_8$, результаты генерации нормируются на $\sum_{i=0}^8 A_i$;

— линейная комбинация $(c_0 \ln(Z_0) + \dots + c_8 \ln(Z_8)) / \sum_{i=0}^8 c_i$ проверяется на нормальность тестом Колмогорова-Смирнова, результат теста p -value записывается в элемент массива. (Здесь $Z_0, \dots, Z_8$ центрированные и нормированные логарифмы эмпирических наблюдений переменных $X_0, \dots, X_8$, $Z_i = (X_i - \bar{X}_i) / \sqrt{D_i}$, $\bar{X}_i$ — выборочное среднее i -той переменной, D_i — её выборочная дисперсия, $i = 0, \dots, 8$).

На рис. 4 показан результат 100 000 повторений теста Колмогорова-Смирнова для линейных комбинаций со случайно сгенерированными весами.

Численные расчеты показали, из 100 000 генераций в 99 685 случаях p -value выше критического уровня 0,05, и только в 315 случаях ниже критического уровня 0,05 (что составляет 0,315% от общего количества генераций). Резуль-

таты такого тестирования позволяют сохранить в качестве рабочей гипотезы о совместном логарифмически нормальном распределении экономических показателей и выручки предприятий, отобранных для исследования.

Этап 4. Оценка по условным распределениям наиболее вероятных значений показателей

При достаточных основаниях для сохранения в качестве рабочей статистической гипотезы о совместном логарифмически нормальном распределении значений выручки экономических показателей (компонент) построим условные распределения показателей при условии, что выручка предприятия известна и оценим по условным распределениям медианные и модальные (наиболее вероятные) значения показателей.

Отметим, что дальнейшее исследование проводится при обоснованном допущении, что случайные величины $X_0, \dots, X_8$ имеют совместное логарифмически нормальное распределение, а величины $\ln(X_0), \dots, \ln(X_8)$ — совместное нормальное распределение.

Пусть $Y_i = \ln(X_i)$, $i = 0, \dots, 7$, $Y_8 = \ln(X_8) = \ln(-x_8 + 1,01)$, где x_8 — вектор эмпирических наблюдений коэффициента маневренности.

Необходимо построить условное распределение величин

$Y_1, \dots, Y_8$ при условии, что Y_0 принимает фиксированное значение (т.е. по логарифму объема выручки оценить точку максимума совместной плотности распределения логарифмов экономических показателей предприятий) при обратном потенцировании, с учетом особенностей многомерного логарифмически нормального распределения. Это позволит по заданному значению выручки определить медианные или модальные (наиболее часто повторяющиеся) по отрасли значения экономических показателей.

Рассмотрим ковариационную матрицу многомерного нормального случайного вектора $Y_0, Y_1, \dots, Y_8$ в следующем блочном виде

$$CV = \begin{pmatrix} \sigma_0^2 & cov(Y_0, \vec{Y}) \\ cov(Y_0, \vec{Y})^T & COV \end{pmatrix},$$

где σ_0^2 — дисперсия случайной величины Y_0 , COV — ковариационная матрица случайного вектора $\vec{Y} = (Y_1, \dots, Y_8)$, $cov(Y_0, \vec{Y})$ — вектор-строка ковариаций Y_0 и компонент вектора $\vec{Y}$, $cov(Y_0, \vec{Y})^T$ — вектор-столбец ковариаций Y_0 и компонент вектора $\vec{Y}$.

Условное математическое ожидание вектора $\vec{Y}$, при условии, что $Y_0 = y$.

$$E(\vec{Y} | Y_0 = y) =$$

$$= \bar{\mu} + \frac{cov(Y_0, \vec{Y})^T}{\sigma_0^2} (y - \mu_0). \quad (4)$$

Условная ковариационная матрица при условии, что $Y_0 = y$.

$$CV(\vec{Y} | Y_0 = y) = COV - \frac{cov(Y_0, \vec{Y})^T \times cov(Y_0, \vec{Y})}{\sigma_0^2}, \quad (5)$$

где $\bar{\mu}$ — вектор средних случайного вектора $\vec{Y}$, μ_0 — среднее случайной величины Y_0 .

Абсолютный максимум (мода) плотности случайного логарифмически нормального вектора $\vec{x}$ достигается в точке с координатами $\exp(\bar{\mu} - \Sigma \times 1)$,

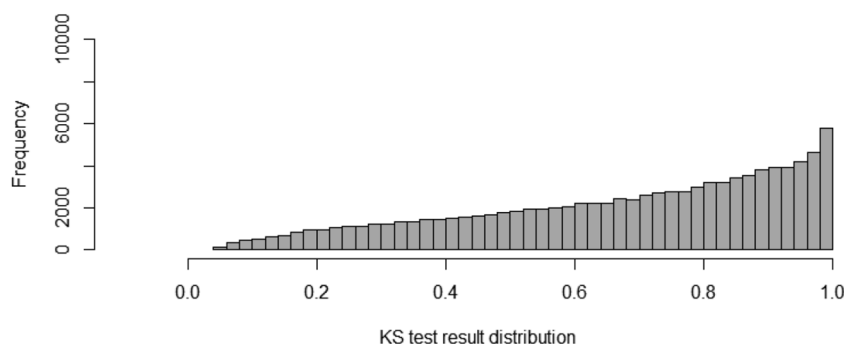


Рис. 4. 100 000 генераций повторений теста Колмогорова-Смирнова для линейных комбинаций. Распределение значений p -value (на отрезке от 0 до 1), полученных как результат проверки каждой случайной линейной комбинации случайных векторов $X_0, \dots, X_9$ на нормальность тестом Колмогорова-Смирнова

где $\bar{\mu}$ – вектор математических ожиданий логарифмов компонент, Σ -ковариационная матрица логарифмов компонент, $\mathbf{1}$ – вектор, состоящий из единиц. Этот результат легко получается из условия равенства нулю всех частных производных функции плотности многомерного логарифмически нормального распределения

$$f(\bar{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} \sqrt{\det \Sigma}} \frac{1}{\prod_{i=1}^n x_i} \times \exp\left(-\frac{1}{2}(\Sigma^{-1} \ln(\bar{x}), \ln(\bar{x}))\right),$$

где $\ln(\bar{x})$ – центрированный случайный вектор.

Таким образом, формула для расчета *условного модального значения* случайного вектора $\bar{X}$ (вектора экономических показателей предприятия) при известной годовой выручке $X_0 = x$ принимает вид:

$$\begin{aligned} ODE(\bar{X}|X_0 = x) = \\ = \exp(E(\bar{Y}|Y_0 = y) - \\ - CV(\bar{Y}|Y_0 = y) \times 1), \end{aligned} \quad (6)$$

медианные значения находим по формуле:

$$\begin{aligned} MEDIAN(\bar{X}|X_0 = x) = \\ = \exp(E(\bar{Y}|Y_0 = y)). \end{aligned} \quad (7)$$

Учитывая, что для последнего показателя вводилась искусственная переменная вида $\bar{X} = -\bar{x} + 1,01$, для получения итогового результата (как модального так и медианного) следует для коэффициента маневренности провести обратное преобразование вида: коэффициент маневренности = $1,01 - x_8$. Соответствующие расчеты выполнены в среде статистического пакета R, результаты представлены в табл. 3 и 4.

Медианные значения коэффициента покрытия и коэффициента иммобилизации имеют тенденцию к увеличению в зависимости от значений выручки предприятия нефтегазовой отрасли [17]. Так коэффициент покрытия увеличивается с 1,5, рассчитанного для предприятий с выручкой 1 млрд рублей

до 2,13 – для предприятий с выручкой 3000 млрд рублей.

Для модальных значений, приведенных в табл. 4, зависимость от объема выручки менее заметна, т.е. показатели более устойчивы могут быть использованы в оценке отраслевых показателей финансового анализа предприятий [18].

Отличие медианных и модальных результатов объясняется правосторонней асимметрией распределения. [19]

Анализ различий между медианными и модальными результатами исследования

Существенность такого различия поясним на примере. Так как выше рассматривался 9-ти мерный случайный вектор, и условный 8-ми мерный случайный вектор, по очевидным причинам визуализация результатов невозможна. Для наглядности, рассмотрим трехмерный случайный вектор (X_0, X_4, X_5) , X_0 – выручка в млрд руб., X_4 – рентабельность собственного капитала, X_5 –

Таблица 3

Медианные значения показателей при различных значениях выручки предприятий (объем выборки 138 предприятий)

Выручка, млрд руб.	1	2	5	10	50	100	500	1000	2000	3000
коэффициент покрытия	1,5	1,55	1,61	1,66	1,78	1,84	1,97	2,03	2,09	2,13
коэффициент финансового рычага	1,05	0,99	0,91	0,86	0,74	0,69	0,6	0,56	0,52	0,51
коэффициент иммобилизации	1,34	1,47	1,66	1,82	2,26	2,48	3,08	3,38	3,71	3,92
рентабельность собственных активов	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21
оборачиваемость дебиторской задолженности	62	66	71	75	86	91	103	109	116	120
оборачиваемость кредиторской задолженности	135	129	122	117	105	101	91	87	84	81
оборачиваемость запасов	26	24	22	21	18	17	14	14	13	12
коэффициент маневренности	-0,32	-0,33	-0,34	-0,35	-0,37	-0,38	-0,40	-0,40	-0,41	-0,42

Таблица 4

Модальные значения показателей при различных значениях выручки предприятий (объем выборки 138 предприятий)

Выручка, млрд руб.	1	2	5	10	50	100	500	1000	2000	3000
коэффициент покрытия	3,99	4,11	4,28	4,41	4,73	4,88	5,23	5,39	5,56	5,66
коэффициент финансового рычага	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
коэффициент иммобилизации	0,75	0,83	0,93	1,03	1,27	1,4	1,73	1,9	2,09	2,21
рентабельность собственных активов	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
оборачиваемость дебиторской задолженности	11	11	12	13	15	15	18	19	20	20
оборачиваемость кредиторской задолженности	21	20	19	18	17	16	14	14	13	13
оборачиваемость запасов	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
коэффициент маневренности	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

оборачиваемость дебиторской задолженности. Из исходной выборки в 185 предприятий, после удаления выбросов только по этим компонентам, осталось 175 предприятий. Для случайного вектора (X_0, X_4, X_5) получен вектор средних значений логарифмов $(0,72; -1,39; 4,33)$ и ковариационная матрица для логарифмированных компонент:

$$\begin{pmatrix} 9,18 & -0,20 & -0,23 \\ -0,20 & 1,38 & -0,049 \\ -0,23 & -0,049 & 1,95 \end{pmatrix}.$$

Рассмотрим условные модальные и медианные значения показателей (компонент случайного вектора) X_4 — рентабельность собственного капитала, X_5 — оборачиваемость дебиторской задолженности при двух значительно отличающихся значениях выручки, для $X_0 = 0,01$ млрд руб. в год и для $X_0 = 3000$ млрд руб. в год (формулы (6) и (7)).

В первом случае, при $X_0 = 0,01$ млрд руб. в годусловная мода равна

$$MODE \begin{pmatrix} X_4 \\ X_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,075 \\ 13 \end{pmatrix},$$

условная медиана составит

$$MEDIAN \begin{pmatrix} X_4 \\ X_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,28 \\ 87 \end{pmatrix}.$$

Во втором случае, при $X_0 = 3000$ млрд руб. в годусловная мода равна

$$MODE \begin{pmatrix} X_4 \\ X_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,057 \\ 10 \end{pmatrix},$$

условная медиана составит

$$MEDIAN \begin{pmatrix} X_4 \\ X_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,21 \\ 63 \end{pmatrix}.$$

На рис. 5 в трехмерной графике показаны поверхности, изображающие плотность совместных нормальных распределений логарифмов компонент X_4, X_5 . На рисунке показаны поверхности, изображающие плотность совместных логарифмически нормальных распределений компонент X_4, X_5 .

Хорошо видно, что при переходе от координат в логарифмах X_4, X_5 (рис. 5) к

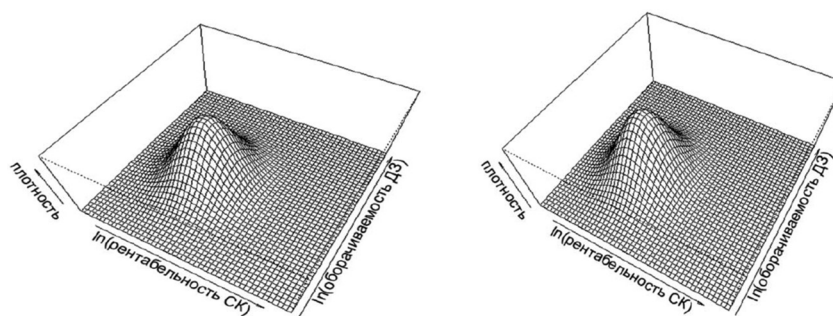


Рис. 5. Поверхности плотности совместных нормальных распределений логарифмов компонент X_4, X_5 . (Слева для случая $X_0 = 0,01$ млрд руб. в год, справа $X_0 = 3000$ млрд руб. в год)

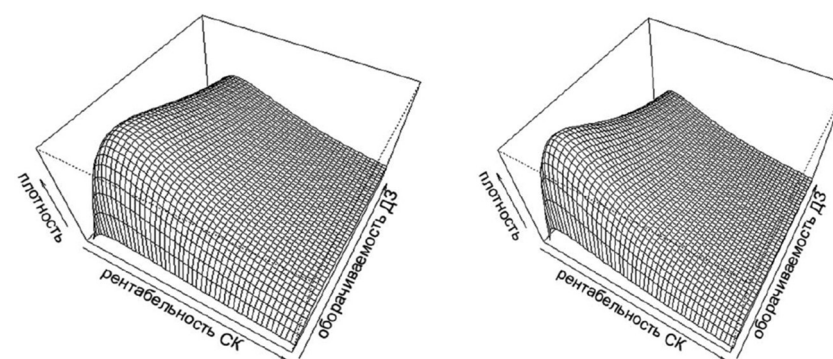


Рис. 6. Поверхности плотности совместных логарифмически нормальных распределений компонент X_4, X_5 . (Слева для случая $X_0 = 0,01$ млрд руб. в год, справа $X_0 = 3000$ млрд руб. в год)

координатам в X_4, X_5 (при потенцировании оси рис. 5 экспоненциальным образом «растягиваются») происходит значительное изменение вида поверхности плотности распределения. При этом точка, соответствующая точке максимума плотности распределения на рис. 5, преобразуется в точку максимума на рис. 6 (т.к.

точка, определенная по формуле (6) единственна). Линии уровня равной плотности для поверхностей, приведенных на рис. 5, представляют собой эллипсы, с центром в точке, с координатами условных средних (логарифмов компонент X_4, X_5). Для поверхностей, показанных на рис. 6 линии уровня равной плотности получают

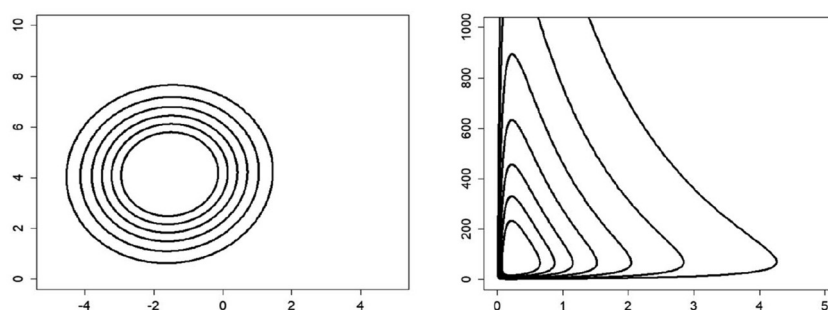


Рис. 7. Эллипсы рассеяния (линии уровней равной вероятности) для нормального распределения логарифмов компонент X_4, X_5 . Линии рассеяния (линии уровней равной вероятности) для логарифмически нормального распределения компонент X_4, X_5 . (Визуальная «похожесть» эллипсов, показанных слева на окружности объясняется слабой коррелированностью компонент, коэффициент корреляции в этом примере мал, но не равен нулю).

экспоненциальным преобразованием координатных осей из эллипсов рассеяния для поверхностей, показанных на рис. 5. Как выглядит такое искажение, показано на рис. 7.

Точка, которая в логарифмах компонент X_4 , X_5 отвечала медиане и совпадала с модальным значением (как и в случае многомерного совместно нормального распределения), при таком преобразовании займет положение на соответствующей линии уровня, т.е. в исходных координатах X_4 , X_5 существует целое множество точек, имеющих ту же вероятность, что и медианная точка, полученная по формуле (7). Может ли такая медианная точка быть использована для оценки отраслевых показателей? Есть много других

равновероятных и существенно отличающихся от неё комбинаций X_4 (рентабельность собственного капитала) и X_5 (оборачиваемость дебиторской задолженности), находящихся на соответствующей линии уровня. Вид линии уровня говорит о том, что такие комбинации X_4 и X_5 (рис. 7, справа) могут иметь значительные отличия и говорить о некоторой типичности какой-то одной из этих комбинаций для отрасли не имеет смысла. Все сказанное выше относится и к оценкам, полученным не по медианам координат, а по математическим ожиданиям координат или любой другой точке, кроме моды двумерного распределения. Мода логарифмически нормального распределения компонент X_4 , X_5

единственна, её координаты X_4 , X_5 являются наиболее вероятным значением рентабельности собственного капитала и оборачиваемости дебиторской задолженности при заданном значении выручки предприятия.

Более того, эта точка является более типичной, чем все остальные, т.к. она имеет наибольшую вероятность, что находится в русле сложившегося в оценочной деятельности понимания рыночной стоимости, как расчетной денежной суммы, соответствующей наиболее вероятной цене. Представляется, что не только рыночная стоимость, но и многие связанные с ней понятия в оценке логично было бы рассматривать в терминах наибольшей вероятности. Случай

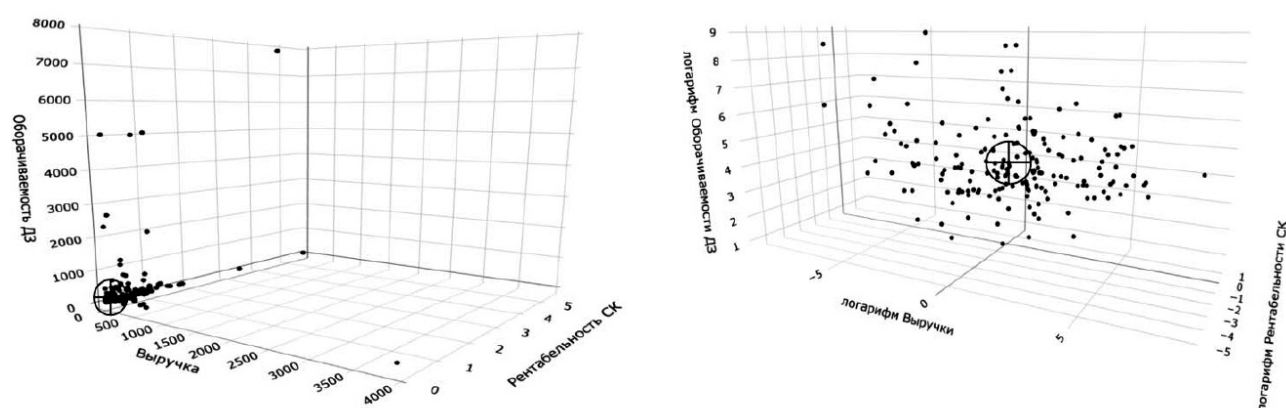


Рис. 8. Рассеяние эмпирических наблюдений по 175 предприятиям в исходных значениях (слева) и логарифмах (Крестиком отмечены положения точек максимальной плотности)

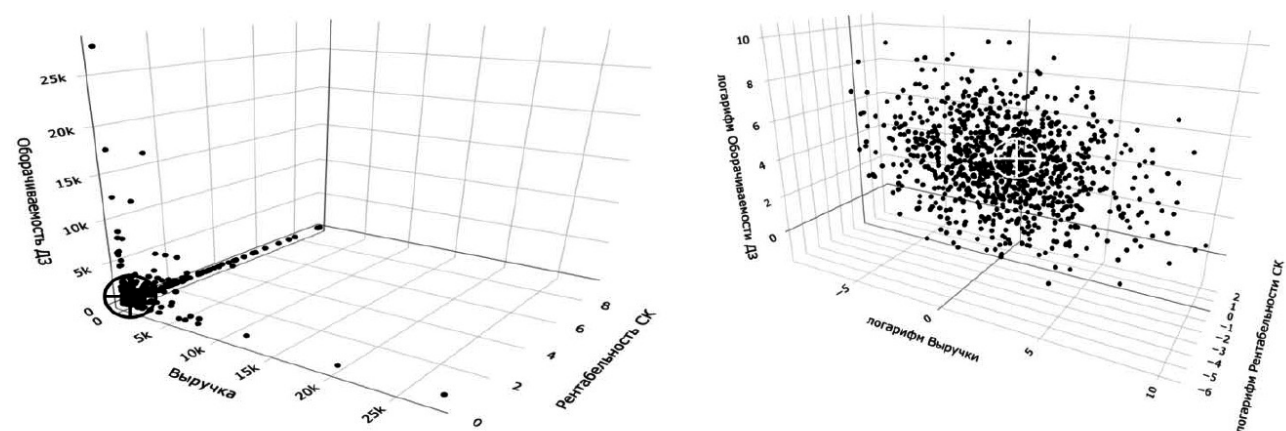


Рис. 9. Рассеяние 10 000 сгенерированных точек с теми же параметрами логарифмически нормального закона, что и модель для исходной выборки (Слева в координатах X_0 , X_4 , X_5 справа в их логарифмах. Крестиком отмечены положения точек максимальной плотности)

размерности более трех имеют такую же логику, хотя и не могут быть представлены графически. Следует отметить, что изученные для данной отрасли 8 показателей, при оценке по медианной формуле (7), указанные в табл. 3 значительно варьируются в зависимости от выручки. Напротив, модальные значения, указанные в табл. 4, при изменении объема выручки меняются незначительно, а в некоторые не меняются вовсе. Это происходит из-за того, что в изучаемой отрасли координаты модальной точки мало чувствительны к значению выручки предприятия. Любые другие оценки, в том числе медианные сильно чувствительны к значению выручки, т.к. оказываются на поверхностях уровня, аналогичных линиям, показанным на рис. 7 справа.

Дополнительной иллюстрацией важности изучения

модальных значений может служить трехмерное изображение наблюдаемых значений случайного вектора (X_0, X_4, X_5) для 175 предприятий. На рис. 8 показано рассеяние эмпирических наблюдений по 175 предприятиям в исходных значениях координат и в их логарифмах. На рис. 9 показано рассеяние 10 000 точек, сгенерированных в статистическом пакете *R* с теми же параметрами, что и параметры эмпирических наблюдений.

Таким образом, выбор ансамбля отраслевых показателей, отвечающий точке максимальной плотности, представляется обоснованным и отвечающим общему содержанию оценочной деятельности [20].

Заключение

В заключении отметим, в работе авторами разработаны этапы определения отрасле-

вых показателей финансового анализа на примере отрасли по добыче сырой нефти и природного газа, но предложенный алгоритм применим для всех отраслей. В работе показано, что ориентация на общеустановленные рекомендуемые значения показателей покрытия, финансового рычага, иммобилизации, рентабельности и оборачиваемости представляются некорректной в силу разнообразия специфических особенностей деятельности предприятий различных отраслей. Рекомендуем рассчитывать наиболее вероятные отраслевые коэффициенты по группам в зависимости от масштаба предприятия (выручки или капитализации), а средние и медианные показатели отраслевых коэффициентов, выведенные аудиторской фирмой «Авдеев и К» на портале TestFirm, необходимо применять с осторожностью.

Литература

1. Методологические рекомендации по проведению анализа финансово-хозяйственной деятельности организации (утверждены заместителем председателя Государственного комитета России по статистике В.И. Галицким, дата утверждения: 28.11.2002). [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=142116&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.6079973805181149#048781732051338356> (Дата обращения: 12.03.2020).
2. Касимова Д.Ф. Обзор методик финансового анализа, утвержденных нормативно-правовыми актами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 242–245.
3. Мишин Н.Д., Ливинцова М.Г. Финансовый анализ деятельности предприятия // В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научного форума с международным участием. Инженерно-экономический институт. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-экономический институт; Ответственные редакторы: О.В. Калинина, С.В. Широкова. 2015. С. 425–427.
4. Федорова Е.А., Чухланцева М.А., Черкизов Д.В. Нормативные значения коэффициентов финансовой устойчивости: особенности

видов экономической деятельности // Управленческие науки. 2017. № 2. С. 44–55.

5. Отраслевые финансовые показатели аудиторской фирмы «Авдеев и К» на портале Test Firm [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.testfirm.ru/otrasli/06/>

6. Шипицын А.В., Журавлева Н.В. Компьютерный расчет отраслевых финансовых коэффициентов для крупных компаний США // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2016. № 5 (61). С. 193–200.

7. Пашенко Т.В. Использование анализа балансовых показателей для бухгалтерских экспертиз // Вестник Пермского университета Серия: Экономика. 2018. Т. 13. № 3. С. 468–481.

8. Андриенко Е.А., Баландина А.С., Андриенко О.В., Пичугина Ж.С. Формирование свободного финансового индикатора для ранжирования хозяйствующих субъектов (на примере нефтегазового комплекса Томской области) // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2018. № 41. С. 211–225.

9. Муравьева Н.Н., Тапалева Н.С. Оценка целевых значений индикаторов эффективности управления финансами на предприятиях малого и среднего бизнеса с учетом отраслевой и региональной специфики // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. № 2(80). С. 290–300.

10. Рытова Е.В., Гутман С.С., Козлов А.В. Оценка финансового потенциала региона на основе нечетко-множественных методов (на примере ЯНАО) // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2018. Т. 2. С. 416–419.
11. Козлов А.В., Рытова Е.В., Гутман С.С., Зайченко И.М. Оценка уровня промышленного развития региона на основе нечетко-множественных методов // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2016. Т. 2. С. 348–351.
12. Система комплексного раскрытия информации об эмитентах «СКРИН» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://podft.skrin.ru/>
13. Сулоева С.Б., Бабкин А.В. Стратегический контроллинг и его информационная система // Научно-технические ведомости СПбГТУ. 2005. № 3 (41). С. 175–182.
14. Пономарева О.А. Анализ данных с помощью аналитической платформы DEDUCTOR // В сборнике: Информатика и вычислительная техника сборник научных трудов. Под ред. В.Н. Негоды. 2016. С. 192–194.
15. Rusakov O.V., Laskin M.B., Jaksumbaeva O.I. Pricing in the real estate market as a stochastic limit. Log normal approximation // International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. 2016. Т. 10. С. 229–236.
16. Ласкин М.Б., Русаков О.В., Джаксумбаева О.И. Оценка показателей рынка недвижимости по статистическим данным на основе многомерного логарифмически нормального закона // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2016. Т. 20. № 2. С. 268–284.
17. Некрасова Т.П., Алексеева А.О. Ценовая политика предприятия нефтегазовой промышленности // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2016. № 3 (245). С. 59–66.
18. Ozerov E.S., Pupentsova S.V., Leventsov V.A., Dyachkov M.S. Selecting the best use option for assets in a corporate management system // Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) 6th International Conference ICRITO. 2017. С. 162–170.
19. Alekseeva N., Antoshkova N., Pupentsova S. Application of the Monte-Carlo simulation method in building and energy management systems // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Т. 983. С. 257–266.
20. Дамодаран А. Инвестиционная оценка. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. 1950 с.

References

1. Metodologicheskiye rekomendatsii po provedeniyu analiza finansovo-khozyaystvennoy deyatel'nosti organizatsii = Methodological recommendations for the analysis of the financial and economic activities of the organization (approved by the Deputy Chairman of the Russian State Committee for Statistics V. I. Galitsky, approval date: 11/28/2002). [Internet]. Available from: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=142116&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.6079973805181149#048781732051338356> (cited 12.03.2020). (In Russ.)
2. Kasimova D.F. A review of financial analysis methods approved by regulatory legal acts. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2015; 3 (53): 242–245. (In Russ.)
3. Mishin N.D., Livintsova M.G. Financial analysis of enterprise activity. V sbornike: Nedelya nauki SPbPU materialy nauchnogo foruma s mezhdunarodnym uchastiyem. Inzhenerno-ekonomicheskii institut. Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo, Inzhenerno-ekonomicheskii institut = In the collection: Science Week SPbPU materials of a scientific forum with international participation. Engineering and Economic Institute. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Engineering and Economics Institute. Responsible editors: O.V. Kalinina, S.V. Shirokova. 2015: 425–427. (In Russ.)
4. Fedorova Ye.A., Chukhlantseva M.A., Cherkizov D.V. Normative values of financial stability ratios: features of the types of economic activity. Upravlencheskiye nauki = Management Sciences. 2017; 2: 44–55. (In Russ.)
5. Otrasleyvyye finansovyye pokazateli auditorskoy firmy «Avdeyev i K» na portale Test Firm = Sectoral financial indicators of the audit firm "Avdeev and K" on the portal Test Firm [Internet]. Available from: <https://www.testfirm.ru/otrasli/06/> (In Russ.)
6. Shipitsyn A.V., Zhuravleva N.V. Computer calculation of industry-specific financial ratios for large US companies. Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava = Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. 2016; 5 (61): 193–200. (In Russ.)
7. Pashchenko T.V. The use of balance sheet analysis for accounting examinations. Vestnik Permskogo universiteta Seriya: Ekonomika = Bulletin of Perm University Series: Economics. 2018; 13; 3: 468–481. (In Russ.)
8. Andriyenko Ye.A., Balandina A.S., Andriyenko O.V., Pichugina ZH.S. The formation of a free financial indicator for ranking business entities (for example, the oil and gas complex of the Tomsk region). Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika = Tomsk State University Bulletin. Economy. 2018; 41: 211–225. (In Russ.)

9. Murav'yeva N.N., Tapaleva N.S. Assessment of target values of indicators of financial management efficiency in small and medium-sized enterprises taking into account industry and regional specifics. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* = Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019; 81; 2(80): 290-300. (In Russ.)
10. Rytova Ye.V., Gutman S.S., Kozlov A.V. Assessment of the financial potential of the region based on fuzzy-multiple methods (for example, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug). *Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam* = International Conference on Soft Computing and Measurements. 2018; 2: 416-419. (In Russ.)
11. Kozlov A.V., Rytova Ye.V., Gutman S.S., Zaychenko I.M. Assessing the level of industrial development of a region based on fuzzy-multiple methods. *Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam* = International Conference on Soft Computing and Measurements. 2016; 2: 348-351. (In Russ.)
12. Sistema kompleksnogo raskrytiya informatsii ob emitentakh «SKRIN» = The system of comprehensive disclosure of information about issuers "SKRIN" [Internet]. Available from: <https://podft.skrin.ru/> (In Russ.)
13. Suloyeva S.B., Babkin A.V. Strategic controlling and its information system. *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGTU* = Scientific and Technical Sheets of St. Petersburg State Technical University. 2005; 3 (41): 175-182. (In Russ.)
14. Ponomareva O.A. Data analysis using the analytical platform DEDUCTOR. V sbornike: *Informatika i vychislitel'naya tekhnika sbornik nauchnykh trudov. Pod red. V.N. Negody* = In the

collection: Informatics and computer technology collection of scientific papers. Ed. V.N. Scoundrels. 2016; 192-194. (In Russ.)

15. Rusakov O.V., Laskin M.B., Jaksumbaeva O.I. Pricing in the real estate market as a stochastic limit. Log normal approximation. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*. 2016; 10: 229-236.

16. Laskin M.B., Rusakov O.V., Dzhaksumbayeva O.I. Evaluation of indicators of the real estate market according to statistical data on the basis of a multidimensional logarithmically normal law. *Ekonomicheskiy zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki* = Economic Journal of the Higher School of Economics. 2016; 20; 2: 268-284. (In Russ.)

17. Nekrasova T.P., Alekseyeva A.O. Pricing policy of the oil and gas industry. *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskiye nauki* = Scientific and technical statements of St. Petersburg State Polytechnic University. Economic sciences. 2016; 3 (245): 59-66. (In Russ.)

18. Ozerov E.S., Pupentsova S.V., Leventsov V.A., Dyachkov M.S. Selecting the best use option for assets in a corporate management system. Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) 6th International Conference ICRITO. 2017: 162-170.

19. Alekseeva N., Antoshkova N., Pupentsova S. Application of the Monte-Carlo simulation method in building and energy management systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019; 983: 257-266.

20. Damodaran A. *Investitsionnaya otsenka* = Investment Appraisal. Moscow: Alpina Business Books; 2004. 1950 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Николай Алексеевич Бухарин

К.т.н., директор центра МИПК, СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия
Эл. почта: nbukharin@mail.ru

Михаил Борисович Ласкин

К.ф.-м.н., старший научный сотрудник, доцент СПИИРАН, Санкт-Петербург, Россия
Эл. почта: laskinmb@yahoo.com

Светлана Валентиновна Пупенцова

К.э.н., доцент СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия
Эл. почта: pupentsova_sv@spbstu.ru

Information about the authors

Nikolay A. Bukharin

Cand. Sci. (Technical sciences), Director of the MIPK center, SPbPU, Saint Petersburg, Russia
E-mail: nbukharin@mail.ru

Mikhail B. Laskin

Cand. Sci. (Phys. — Math.), Senior Researcher, Associate Professor SPIIRAS, Saint Petersburg, Russia
E-mail: laskinmb@yahoo.com

Svetlana V. Pupentsova

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor SPbPU, Saint Petersburg, Russia
E-mail: pupentsova_sv@spbstu.ru

Новые подходы к интерпретации баланса в цифровой экономике

Цель публикации — теоретически доказать возможность формирования в бухгалтерском балансе прогнозной информации относительно показателей прибыли, чистого притока операционных денег и финансового капитала. По замыслу авторов, система перечисленных показателей раскрывается в динамике, отражая, таким образом, влияние прибыли на финансовое состояние организации. Между фактическими и прогнозными показателями, характеризующими финансовое состояние в прошлом и будущем времени, устанавливается логическая и счетная балансовая связь.

За счет анализа процессов в операционном цикле теоретически доказывается экономическая и финансовая обоснованность показателя операционной прибыли как чистого притока денег от операционной деятельности. На основании процессного подхода и метода индукции показатель операционной прибыли включается в оценку статей актива и пассива баланса, тем самым развивая метод оценки и формируя новую прогнозную модель балансовых обобщений. Содержание прогнозной модели баланса описывается в виде балансового уравнения. Полученные теоретические выводы проверяются экспериментальным путем. В результате, в активе баланса отражается процесс трансформации стоимости операционных ресурсов в цену их продажи, а в пассиве баланса формируется прогнозная операционная прибыль, относящаяся к активам и обязательствам, признанным в учете в текущий момент времени. Вводятся показатели стоимости и ценности, которые характеризуют показатели доходов и расходов по мере трансформации операционных ресурсов. Любое изменение стоимости использованных ресурсов и возможной цены (ценности) их реализации находит отражение в балансе и влияет на изменение оценки прогнозной операционной прибыли

в режиме реального времени. При этом за счет одновременного признания в балансе фактических и прогнозных оценок активов и обязательств и показателя прогнозной операционной прибыли новую интерпретацию получает показатель финансового капитала. Если сопоставить стоимость активов и кредиторской задолженности, то финансовый капитал характеризует обеспеченность операционной деятельности собственными источниками финансирования в прошлом. Если сопоставить цену реализации активов и кредиторской задолженности, то финансовый капитал показывает прогноз погашения кредиторской задолженности за счет собственных средств в будущем. Следовательно, переход от фактических к прогнозным оценкам в балансе раскрывает процесс кругооборота операционного капитала и показывает, сколько прибыли обеспечивают вложения в оборотные запасы, сделанные в прошлом. За счет метода двойной записи любые прогнозные оценки могут быть проверены пользователем, что повышает надежность прогнозной информации в балансе.

Фактически, бухгалтерский баланс интерпретируется как новый метод анализа и прогнозирования финансово-экономических показателей, характеризующих деятельность организации. При этом не требуется производить дополнительные аналитические расчеты, прогнозирование операционной прибыли и анализ ее влияния на финансовый капитал могут осуществляться в режиме реального времени так часто, как вносятся бухгалтерские записи, затрагивающие изменение оборотного капитала.

Ключевые слова: баланс, операционный цикл, операционная прибыль, оценка, прогнозирование прибыли, предиктивный анализ прибыли, кругооборот капитала.

Mikhail I. Lugachev, Natalia V. Ulianova, Kirill G. Skripkin

Lomonosov Moscow state university, Moscow, Russia

New Approaches to the Interpretation of Balance in the Digital Economy

The purpose of the article is to theoretically prove the possibility of generating forecast information in the balance-sheet regarding profit indicators, net inflow of operating money and financial capital. According to the authors, the system of these indicators is revealed in dynamics, thus reflecting the impact of profit on the financial condition of the organization. A logical and accounting balance-sheet relationship is established between actual and forecast indicators that characterize the financial condition in the past and future.

By analyzing the processes in the operating cycle, the economic and financial feasibility of operating profit as a net cash flow from operating activities is theoretically proved. Based on the process approach and the induction method, the indicator of operating profit is included in the valuation of the asset and liability side of the balance-sheet, thereby developing the valuation method and forming a new forecast model of balance-sheet generalizations. The content of the forecast model of balance is described in the form of a balance equation. The obtained theoretical conclusions are verified experimentally.

As a result, the asset of the balance-sheet reflects the process of transforming the value of operational resources into their selling price, and the forecast operating profit is generated in the liability side of the balance-sheet, which relates to assets and liabilities recognized in accounting at the current time. Cost parameter and value index are introduced, which characterize the indicators of income and expenses as the transformation of operational resources. Any change in the cost of resources used and the possible price (value) of their sale is reflected in the balance-sheet and affects the change in the

estimate of forecast operating profit in real time. At the same time, due to the simultaneous recognition in the balance-sheet of actual and forecast estimates of assets and liabilities and the indicator of forecast operating profit, the indicator of financial capital receives a new interpretation. If we compare the value of assets and accounts payable, then financial capital characterizes the security of operating activities with own sources of financing in the past. If we compare the selling price of assets and account payable, then financial capital shows the forecast for repayment of account payable at the expense of own funds in the future. Consequently, the transition from actual to forecast estimates in the balance-sheet reveals the process of the circulation of operating capital and shows how much profit is provided by investments in working stocks made in the past. Due to the double recording method, any forecast estimates can be verified by the user, which increases the reliability of the forecast information in the balance-sheet.

In fact, the balance-sheet is interpreted as a new method of analysis and forecasting of financial and economic indicators characterizing the activities of the organization. At the same time, it is not necessary to perform additional analytical calculations, forecast operating profit and analysis of its impact on financial capital can be carried out in real time as often as accounting entries are made that affect the change in working capital.

Keywords: balance, operating cycle, operating profit, valuation, forecasting profit, predictive analysis of profit, capital cycle.

Введение

До настоящего времени считается, что главным недостатком бухгалтерской отчетности является ее информационная направленность в прошлое. Описание прошлых событий признается одним из существенных ограничений бухгалтерского учета.

Так, Цыганков К.Ю., изучая историю развития бухгалтерского учета, пишет: «Отчетность основана на уже свершившихся фактах и отражает состояние капитала на отчетную (уже прошедшую) дату и его изменений за отчетный (уже прошедший) период. Следовательно, прогнозная функция отчетности является не основной, а побочной... Отчётность наряду со многими другими данными, в том числе нефинансового характера может использоваться в процессе прогнозирования как исходный материал. Но вести речь о прогнозной функции бухгалтерской отчетности как об основной, на наш взгляд, неправильно» [Цыганков, 2007, с. 346].

Однако многочисленные пользователи бухгалтерской отчетности заинтересованы в получении информации о прогнозной оценке будущего финансового состояния, являющейся прямым следствием признанных сегодня объектов учета. Временная и содержательная ориентация отчетности на будущее, постоянная актуализация прогнозных оценок в режиме реального времени, моделирование прогнозных показателей в зависимости от принятых решений — есть характеристики отчетности конкурентоспособной организации в условиях цифровой экономики.

Следовательно, прогнозная функция баланса все-таки должна быть модифицирована из побочной в основную. При этом сам баланс становится инструментом моделирования

и прогнозирования. В свое время Соколова Я.В. [Соколова, 2003], Кутер М.И. [Кутер, 2006], Палий В.Ф. [Палий, 2007], отмечали, что бухгалтерский учет призван выявить «поведение» объекта в различных ситуациях; при чем, развитие прогнозирования будет связано с развитием кибернетики и теории систем.

В условиях цифровой экономики многие ученые обратились к вопросам развития бухгалтерского учета. Однако большинство работ посвящено или общим концептуальным вопросам [Халевиская, 2017, Рожнова, 2018, Одинокова, Рура, 2018], или развитию компетенций в области бухгалтерского учета в связи с внедрением цифровых технологий [Приображенская, 2019, Бобрышев, Медведева, 2019, Соболева и др., 2019]. Вопрос сущностного содержания баланса, развития балансовых обобщений за счет включения в отчетность принципиально новых прогнозных показателей, которые могут формироваться в режиме реального времени и при этом отвечают требованиям достоверности, пока не находил отражения в научной литературе.

Следует отметить, что достоверность прогнозной информации, по нашему мнению, имеет своеобразную трактовку (в отличие от достоверности прошлой отчетной информации) и означает следующее. Во-первых, между текущими и прогнозными оценками должна существовать прямая счетная связь, которая подчиняется принципу двойной записи и может быть проверена в балансовых обобщениях. Реализация этого условия обеспечивается за счет возможности автоматической обработки большого массива данных. Во-вторых, текущие оценки объективно (на основании реально существующих внешних оценок закупок и продаж) отражают экономическую и финансо-

вую сущность операционной деятельности как некоторой бизнес-модели, регулярно повторяющейся и обеспечивающей получение прибыли в настоящем времени. Реализацию данного требования обеспечивает открытость автоматизированных бухгалтерских систем к внешней информации и возможность постоянного обновления такой информации для формирования прогнозных показателей.

Описанная трактовка достоверности указывает, что прогнозирование в балансе начинается с дезагрегирования существующих отчетных показателей и предоставления ясной прозрачной информации о «зарабатывании» прибыли в операционной деятельности, точнее, в операционном цикле в режиме реального времени.

В работах по учету и отчетности операционный цикл обычно упоминается во взаимосвязи с концепциями оперативного менеджмента. Например, в работе Вахрушиной М.А. и Самариной Л.Б. [Вахрушина, Самарина, 2015, с. 45–83] разработаны методические основы проведения управленческого анализа различных этапов производственного цикла с точки зрения взаимосвязи целей, задач и информационного сопровождения принятия решений в сфере производственной деятельности. Петров А.М. [Петров, 2015] проводит анализ эффективности кредитной политики организации в процессе операционной деятельности. В работе Дружининой И.А. и соавторов [Дружинина и др., 2016, с. 89–115;] и Шуриной С.В. [Шурина, 2017, с. 154–170] анализируются операционный цикл и инструменты финансового менеджмента, направленные на снижение рисков неплатежеспособности в операционном цикле. Однако целостная картина формирования прибыли в операционном цикле, а, тем более, ее постоянная актуали-

зация и прогнозирование на ее основе будущего финансового состояния пока не находили должного отражения в академической литературе.

Видится, что для включения в отчетность достоверной прогнозной информации об операционном и финансовом потенциале организации необходимо раскрыть в балансе процессы кругооборота капитала в операционном цикле в режиме реального времени.

Для достижения поставленной цели следует решить следующие задачи:

1) осуществить анализ процессов операционного цикла с точки зрения формирования прибыли;

2) предложить стоимостные характеристики доходов и расходов в операционном цикле в режиме реального времени;

3) формализовать расчет показателя операционной прибыли, который может быть основой прогнозных оценок в балансе;

4) разработать балансовую модель, агрегирующую показатели текущей операционной прибыли и прогнозного финансового состояния (финансового капитала).

Анализ операционного цикла с точки зрения формирования прибыли

Операционный цикл обычно определяется как период между датой признания материальных запасов и датой оплаты проданной готовой продукции. Финансовый цикл, соответственно — период между датой оплаты готовой продукции и датой оплаты материальных запасов. Модель операционного цикла, функционирующего на условиях пост оплаты, представлена ниже (рис. 1).

Рис. 1 наглядно демонстрирует, что основные задачи управления операционным циклом — сократить период «замораживания» ресурсов

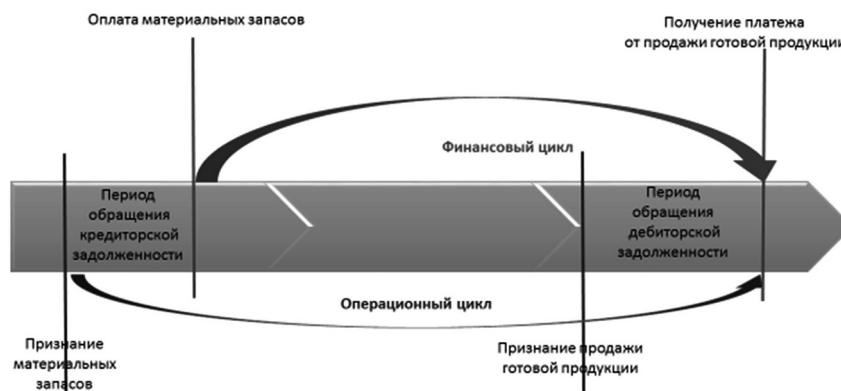


Рис. 1. Модель операционного и финансового циклов с пост оплатой закупок и продаж

Источник: составлено авторами на основе Бриггем, Гапенски, 1997, с. 262; Бланк, 1999, с. 308; Ван Хорн и др., 2008, с. 267; Ковалев 2017, с. 728.

в оборотных запасах, ускорить время их окупаемости и уменьшить дефицит наличных денежных средств за счет управления кредиторской и дебиторской задолженностью. При этом считается, что управление операционным циклом осуществляется успешно, если длительность операционного цикла (следовательно, и финансового цикла) сокращается, а сумма дефицита наличных средств уменьшается.

Однако в условиях доступности финансовых ресурсов управление операционным циклом должно быть нацелено не столько на сокращение финансового цикла, сколько вообще на приращение прибыли, при чем как за счет поли-

тики управления дебиторской и кредиторской задолженностью, так и за счет методов оперативного менеджмента.

Рассмотрим модель операционного цикла, в которой сырье и материалы должны быть оплачены на условиях предоплаты, а готовая продукция — на условиях максимально возможной отсрочки платежа (рис. 2).

На рис. 2 операционный цикл представлен как цепочка взаимосвязанных бизнес-процессов в соответствии с принципами процессно-ориентированного менеджмента. При чем, бизнес-процесс закупки включает операции расчетов за сырье и материалы и, следовательно, все затраты, связанные

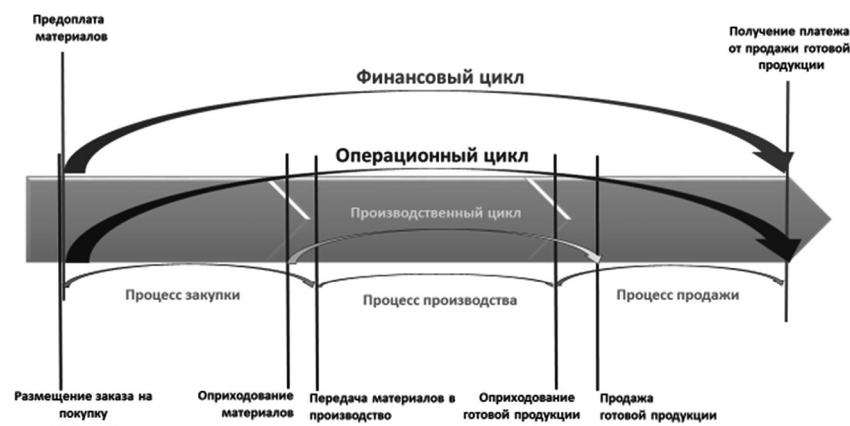


Рис. 2. Модель операционного и финансового циклов с предоплатой закупок и пост оплатой продаж

Источник: разработано авторами.

с оплатой, оприходованием и доведением запасов до состояния, в котором они могут использоваться. Бизнес-процесс продажи включает операции расчетов за готовую продукцию и затраты, которые связаны с обслуживанием коммерческого кредита, предоставляемого покупателям.

На рис. 2 операционный цикл максимально увеличился и стал равен финансовому циклу. Фактически операционный цикл начинается с даты предоплаты материалов (т.к. в этот момент происходит изъятие оборотных средств), а заканчивается датой погашения отсроченной дебиторской задолженности покупателем. С точки зрения традиционного финансового менеджмента данная модель является неэффективной, т.к. связана с увеличением времени дефицита собственных оборотных средств и ростом затрат на их восполнение.

Однако отсрочка платежа по оплате готовой продукции предоставляет организации дополнительное конкурентное преимущество. Можно рассчитывать на увеличение объема продаж даже при некотором увеличении цены продаж за счет процентов по коммерческому кредиту. Если прирост затрат на пополнение собственных оборотных средств меньше, чем прирост прибыли от увеличения объема продаж и цены продаж, то прибыль в операционном цикле возрастет. В данном случае для управления прибылью используют анализ «затраты — объем — прибыль» (CVP-анализ), принимая затраты на обслуживание дефицита наличных средств за условно-постоянные. Кроме того, дополнительный прирост прибыли в операционном цикле может обеспечить сокращение времени производственного цикла за счет уменьшения себестоимости бизнес-процессов, не добавляющих потребительской ценности.

В приведенной модели не сокращаются ни длительность операционного цикла, ни сумма дефицита наличных средств. Напротив, именно увеличение длительности операционного цикла за счет увеличения финансового цикла в совокупности с эффектом масштаба и управлением себестоимости бизнес-процессами обеспечивают прирост прибыли.

Рассмотрим противоположную модель операционного цикла, в которой расчеты за готовую продукцию осуществляются на условиях предоплаты; расчеты за материалы осуществляются с максимальной отсрочкой платежа (рис. 3).

На рис. 3 изображен отрицательный финансовый цикл: оплата материальных запасов производится только за счет собственных денежных средств, полученных в счет предоплаты готовой продукции. С точки зрения процессно-ориентированного менеджмента отрицательному финансовому циклу на рис. 3 соответствуют «перекрещивающиеся» бизнес-процессы. Продажа начинается раньше, чем заканчивается покупка, и оба эти процесса длятся в течение производственного процесса.

Подобный подход к организации операционной деятельности описан в работе Ван Хорна и его соавторов на при-

мере компании Dell, крупного изготовителя компьютерной техники [Ван Хорн и др., 2008, с. 269]. По мнению авторов, отрицательный финансовый цикл — следствие внедрения в менеджмент компании бизнес-ориентированного менеджмента, калькулирования «под заказ» и технологии управления запасами «точно в срок», иначе говоря, следствие использования инструментов оперативного менеджмента в режиме реального времени.

В данном случае операционный цикл максимально сжат по времени, организация использует в расчетах только собственные денежные средства и не несет дополнительных затрат, связанных с привлечением внешнего краткосрочного финансирования. Традиционные задачи финансового менеджмента операционного цикла решены.

Однако с точки зрения управления прибылью объем продаж готовой продукции и цена продажи на условиях внесения предоплаты снижаются. Если падение прибыли от продаж компенсируется получением прибыли, например, от размещения свободных оборотных средств на депозите в банке, то отрицательный финансовый цикл и политика управления операционным циклом являются эффективными. В противном случае, отри-

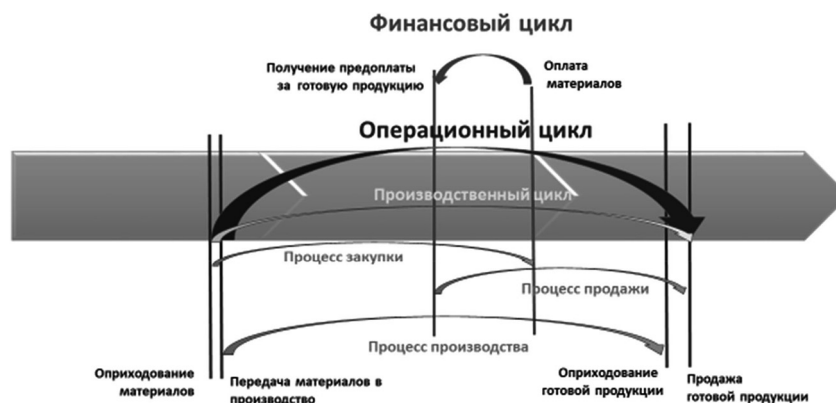


Рис. 3. Модель операционного и финансового циклов с предоплатой продаж и пост оплатой закупок

Источник: разработано авторами.

цательный финансовый цикл обеспечивает организации финансовую устойчивость, но снижает прибыль в операционном цикле.

Следовательно, сокращение или увеличение продолжительности операционного и финансового циклов не могут однозначно трактоваться как положительная или отрицательная тенденция. Необходим непрерывный контроль нарастания затрат в бизнес-процессах в совокупности с контролем объема продаж и цены продаж. Анализ приращения прибыли необходимо осуществлять в условиях постоянно меняющейся рыночной ситуации и доступности финансовых ресурсов как для организации, так и для ее конкурентов. Иными словами, приращение прибыли в операционном цикле есть результат мгновенного реагирования или предиктивного анализа прибыли на основе всей имеющейся информации.

В этой связи требуется новый подход к признанию информации в учете. Его сущность состоит в отражении трансформации операционных ресурсов в режиме реального времени и признании прибыли по мере ее «зарабатывания» в операционном цикле, а не единовременно в момент реализации продукции (как делается сейчас). Для этого предлагается объектом учета признать процессы операционного цикла, а для их стоимостной характеристики ввести понятия стоимости и ценности.

Стоимостные характеристики доходов и расходов в операционном цикле в режиме реального времени

Для оценки расходов в операционном цикле в режиме реального времени предлагается использовать понятие созданной стоимости, для оценки доходов — созданной ценности.

Категории стоимости и ценности в операционном цикле имеют следующие характеристики.

Во-первых, это оценочные значения расходов и доходов, относящиеся к текущему времени. Если себестоимость продаж и выручка от продаж — это характеристики прошлого, которые уже не могут измениться, то стоимость и ценность меняются в режиме реального времени по мере трансформации ресурсов в операционном цикле.

В основу формирования системы оценок стоимости и ценности закладывается процессно-ориентированный подход, который получил признание в Российской Федерации [ГОСТ Р ИСО 9001-2015]. В данном случае стоимость растет в течение времени продолжения процессов операционного цикла. Одновременно со стоимостью отражается нарастание созданной ценности, т.е. выручка признается не одномоментно на дату продажи, а по мере создания готовой продукции и осуществления расчетов по оплате дебиторской задолженности.

Описанный подход позволяет непрерывно контролировать каждый процесс операционного цикла с точки зрения его длительности, соответствия стоимости и ценности и скорректированности с другими процессами при достижении общей цели — приращения операционной прибыли.

Во-вторых, стоимость и ценность не являются регламентированными показателями.

Стоимость, в отличие от себестоимости, не определяется закрытым перечнем затрат, включаемых в себестоимость продаж. Стоимость включает любые затраты, которые, как предполагается, способствуют поддержанию ценности. Стоимость может меняться в зависимости от длительности бизнес-процессов, величины

затрат на качество, индивидуальных предпочтений покупателей и т.п.

В свою очередь, ценность — это не перечень утвержденных цен на готовую продукцию, а субъективная оценка потребительских свойств, которую, как ожидает продавец, готов возместить покупатель в каждый момент времени и (или) по окончании операционного цикла. Созданная ценность определяется как цена, согласованная с покупателем в текущий момент времени, уменьшенная на сумму затрат, которые необходимо осуществить, чтобы получить наличные денежные средства от покупателя.

Если организация использует метод управления запасами «точно в срок» и калькулирование «под заказ», то цена продажи может меняться в зависимости от предпочтений заказчика относительно модификации конечного продукта, объема продаж и условий расчетов. В этом случае ценность продажи на каждом этапе операционного цикла рассчитывается путем уменьшения конечной цены продажи на идентифицируемые затраты выполняемого заказа.

Если операционный цикл стандартизирован и унифицирован, то для расчета созданной ценности средняя цена продажи уменьшается на среднюю величину затрат, соответствующую отдельным процессам операционного цикла.

Отсутствие регламентированных верхних и нижних пределов стоимости и ценности обеспечивает возможность мгновенно реагирования на изменение операционной прибыли путем использования инструментов коммерческой или кредитной политики или методов управления себестоимостью бизнес-процессов.

Наконец, в-третьих, стоимость и ценность фактически являются оттоками и притоками операционных денег. Как показано выше, операци-

онный цикл включает в себя финансовый цикл, который, в свою очередь, предполагает завершение расчетов по покупкам и продажам. Следовательно, по окончании операционного цикла стоимость будет равняться оттокам денежных средств, а ценность, соответственно — притокам, хотя в пределах времени операционного цикла описанные равенства могут нарушаться за счет принципа начисления. Если финансовый цикл по каким-либо причинам не заканчивается обычными в деловой практике расчетами, то стоимость уменьшается на сумму неоплаченной кредиторской задолженности, а ценность — на сумму неоплаченной дебиторской задолженности.

Обобщив приведенные выше характеристики, можем сформулировать следующие определения. Стоимость — это объективная оценка затрат (текущих и будущих оттоков денежных средств), размещенных в оборотных активах в данный момент времени. Ценность — субъективное прогнозное значение выручки (текущих и будущих притоков денежных средств), уменьшенное на субъективное прогнозное значение затрат, которые необходимо осуществить, чтобы закончить операционный цикл в данный момент времени.

Интересно отметить, что предложенные трактовки стоимости и ценности определяют «подвижность» хозяйства, как его понимал Рудановский А.П.: «Научный анализ вытекает из признания связности пространства и времени движением, определяя движение как переход пространства с течением времени» [Рудановский, Введение в теорию балансового учета, 1928, с. 25–26]. «...Определение подвижности баланса, как совокупности хозяйственных элементов, и есть важнейшая задача правильного учета, так как от под-

вижности баланса зависит состоятельность хозяйства» [там же с. 27]. Современным языком, непрерывное сплошное признание как стоимости, так и ценности позволяет отразить в отчетности процесс кругооборота капитала в операционном цикле и осуществить предиктивный анализ создания прибыли или чистого притока операционных денег.

Использование процессного подхода для анализа процессов операционного цикла в режиме реального времени, не могло не затронуть трактовку самого термина «операционный цикл».

Ранее под операционным циклом понимался период времени между двумя дискретными точками оприходования материальных запасов и оплаты готовой продукции. При внедрении процессно-ориентированного подхода под операционным циклом следует понимать период времени, начиная с момента идентификации и признания затрат, связанных с процессом закупки или оплатой этих затрат (в зависимости от того, что признано ранее) и до момента признания затрат, связанных с процессом продажи готовой продукции или поступлением выручки от продажи (в зависимости от того, что признано позднее). Соответственно, финансовый цикл — период времени между оплатой первых идентифицируемых затрат в процессе закупки и оплатой последних идентифицируемых затрат / получением последних идентифицируемых доходов в процессе продажи.

При этом операционный цикл так же (как в традиционном финансовом менеджменте) превышает финансовый цикл, т.к. процессы закупки и продажи включают в себя операции расчетов. Операционный цикл, как и ранее, отражает время, в течение которого деньги, вложенные в оборотные запасы, возвращаются в

виде выручки от продажи готовой продукции.

При этом ни операционный, ни финансовый цикл, соответственно, ни созданная стоимость, ни созданная ценность, не являются типичными характеристиками операционной деятельности. В условиях применения технологий процессно-ориентированного управления, ABC-калькулирования, калькулирования «под заказ» длительность операционного и финансового циклов (созданная стоимость и ценность) могут варьироваться в зависимости от требований покупателя.

Наконец, необходимо отметить, что традиционные задачи финансового менеджмента в области управления операционным и финансовым циклами (контроль дефицита собственных денежных средств) преобразуются из текущих в стратегические. Эта идея высказывалась и ранее. Так, Бланк И.А. [Бланк, 1999, с. 309] пишет: «политика управления оборотными активами представляет собой часть общей финансовой стратегии предприятия, заключающейся в формировании необходимого объема и состава оборотных активов, рационализации и оптимизации структуры источников их финансирования». Однако следует подчеркнуть, что до настоящего времени политика финансирования оборотных активов, а, тем более, долгосрочная финансовая стратегия, выраженная в прогнозировании показателя финансового капитала в будущем, не находили отражения в балансе.

Формализация показателя операционной прибыли

Приведенные выше характеристики показателей стоимости и ценности, позволяют сформулировать следующее определение операционной прибыли. Операционная при-

быль — разность между созданной ценностью и созданной стоимостью оборотных активов, которые признаны в учете (в балансе) в текущий момент времени:

$$Pr_t = W_t^{sca} - (C_t^{ca} + D_t^{nca}) + D_t^{nca} = W_t^{sca} - C_t^{ca}, \quad (1)$$

где

Pr_t — оценочное значение чистой (за вычетом налогов, подлежащих начислению в бюджет) операционной прибыли в момент t ;

W_t^{sca} — созданная ценность (worth) оборотных активов (current assets), которые признаны в балансе в момент t ;

C_t^{ca} — созданная стоимость (cost) оборотных активов, которые признаны в балансе в момент t , без учета амортизации;

D_t^{nca} — амортизация (depreciation) внеоборотных активов (non-current assets), относящаяся к созданию оборотных активов, признанных в балансе в момент t .

В данном случае термин «операционная прибыль» имеет вполне ясное определение. Это прибыль, характеризующая процессы операционного цикла, которые осуществляются в режиме реального времени. Следовательно, в расчет операционной прибыли не могут включаться всевозможные результаты переоценки активов и обязательств в связи с обесценением денег в будущем или созданием оценочных обязательств, резервирующих будущие оттоки денег.

Оценочное значение прибыли рассчитывается для всех оборотных активов, которые в настоящий момент времени (или к настоящему моменту времени) t признаны в балансе. Момент времени — это любой момент времени, в который составляется баланс.

При расчете операционной прибыли не учитывается амортизация, т.е. операционная прибыль увеличивается

на сумму амортизационных отчислений, если они включены в стоимость признанных в балансе оборотных запасов. Управление операционным циклом, равно как и управление операционной прибылью, нацелено на максимизацию чистого притока операционных денег. Включение в расчет прибыли любых субъективных оценок амортизации, подчиненных например, требованиям налогового учета, нарушает реальную картину создания чистого притока операционных денег. Поэтому операционная прибыль корректируется на сумму амортизационных отчислений.

Далее рассмотрим, как показатель операционной прибыли отражается в бухгалтерской отчетности.

Прогнозная балансовая модель

Показатель операционной прибыли по своей сути отражает философию процессного метода управления в режиме реального времени. Поэтому показатели стоимости и ценности могут отражаться в балансе, который фиксирует («фотографирует») состояние активов и обязательств на текущую дату, и не могут отражаться в отчете о финансовых результатах, который формирует информацию о выручке и себестоимости в прошлом периоде.

При этом любая актуализация оценок стоимости или ценности мгновенно ведет к пересчету операционной прибыли. Такие пересчеты имеют «оттенок» субъективности, поскольку все процессы операционного цикла еще не завершены.

Следовательно, показатель операционной прибыли должен отражаться:

— во-первых, отдельной строкой в активе, показывая таким образом «переход» объективных оценок стоимости к

субъективным оценкам ценности;

— во-вторых, отдельной строкой в пассиве, раскрывая таким образом, как операционный потенциал признанных в текущий момент времени оборотных активов и краткосрочных обязательств повлияет на показатель нераспределенной прибыли в будущем.

Рассмотрим, как модифицируется содержание баланса при включении в него показателя операционной прибыли.

Экспериментальная модель. Организация имеет остатки оборотных средств на всех этапах операционного цикла. По оплате кредиторской и дебиторской задолженности представлена отсрочка платежа; дебиторская задолженность гасится раньше, чем кредиторская задолженность. В расчет операционной прибыли включаются расходы на обслуживание дебиторской и кредиторской задолженности.

Прогнозирование операционной прибыли по активам и обязательствам, задействованным в операционном цикле, отражается в балансе следующим образом (табл. 1).

В таблице 1 для каждого этапа операционного цикла нарастание стоимости отражается последовательно, через суммирование оценок первоначальной и накопленной стоимости. Первоначальная стоимость — это фактическая объективная стоимость приобретения; накопленная стоимость — это фактические объективные затраты, вложенные в оборотные активы в операционном цикле на дату составления баланса. При этом первоначальная стоимость на последующем этапе операционного цикла — это накопленная стоимость запасов на предыдущем этапе. Так, первоначальная стоимость незавершенного производства — это первоначальная и накопленная стоимость сырья и материалов, переданных в цеха основного

Таблица 1

Фрагмент баланса по оборотным активам и краткосрочной кредиторской задолженности

Статья	Актив	Пассив
Материалы	140 000	—
первоначальная стоимость	100 000	—
накопленная стоимость	10 000	—
ценность продажи	30 000	—
Операционная прибыль по материалам	—	30 000
Незавершенное производство	55 000	—
первоначальная стоимость	33 000	—
накопленная стоимость	10 000	—
ценность продажи	12 000	—
Операционная прибыль по незавершенному производству	—	12 000
Готовая продукция	28 000	—
первоначальная стоимость	20 000	—
накопленная стоимость	2 000	—
ценность продажи	6 000	—
Операционная прибыль по готовой продукции	—	6 000
Дебиторская задолженность	44 000	—
первоначальная стоимость	66 000	—
стоимость возмещения	4 000	—
ценность погашения	(26 000)	—
Операционная прибыль по дебиторской задолженности	—	(26 000)
Кредиторская задолженность	—	173 000
первоначальная стоимость	—	173 000
стоимость возмещения	—	2 000
ценность погашения	—	(2 000)
Операционная прибыль по кредиторской задолженности	—	2 000
Вложения в операционную деятельность	—	70 000
Итого	267 000	267 000

производства на дату составления баланса.

Ценность продажи — это цена, по которой ожидается продать готовую продукцию, изготовленную из запасов, за вычетом затрат, которые необходимо осуществить для продажи готовой продукции.

Так, если из материалов будет произведена готовая продукция, то в текущий момент времени ценность ее продажи составляет 140 000 д.е. (100 000 + 10 000 + 30 000). Эта величина посчитана уже за вычетом затрат, которые нужно понести, чтобы материалы «превратились» в готовую продукцию. Ценность продажи готовой продукции равна 55 000 д.е. (33 000 + 10 000 + 12 000).

Ценность продажи оборотных запасов показывается отдельной строкой в активе, т.к.

в данном случае объективная оценка фактической стоимости (первоначальной и накопленной стоимости) трансформируется в прогнозную ожидаемую ценность продажи.

Несколько иную трактовку имеют оценки стоимости и ценности дебиторской и кредиторской задолженности.

Первоначальная стоимость дебиторской задолженности — это ценность продажи готовой продукции на условиях расчета наличными деньгами (66 000). По оплате дебиторской задолженности предоставляется отсрочка платежа, и первоначальная стоимость преобразуется в стоимость возмещения дебиторской задолженности (66 000 + 4 000). Стоимость возмещения — это оценка погашения дебиторской задолженности в будущем при нор-

мальном завершении операций расчетов по оплате готовой продукции. Ценность погашения — это оценка дебиторской задолженности на дату составления баланса. Ценность погашения меньше стоимости возмещения, поскольку предполагает немедленные расчеты по оплате готовой продукции. Ценность погашения меньше стоимости возмещения и в том случае, если стало известно, что дебиторская задолженность не будет погашена в срок в полном объеме. В табл. 1 отражается обесценение стоимости возмещения дебиторской задолженности; в текущей момент времени она может быть продана (погашена) лишь за 44 000 д.е.

Соответственно, первоначальная стоимость кредиторской задолженности представляет собой оплату долгов на условиях немедленных расчетов (173 000). В нашем случае, организации представлена отсрочка платежа. Поэтому в будущем стоимость возмещения кредиторской задолженности составит 175 000 (кредиторская задолженность финансирует оборотные запасы, признанные в активе баланса (175 000 = 100 000 + 10 000 + 33 000 + 10 000 + 20 000 + 2 000)). Поскольку условия расчетов с поставщиком предусматривают досрочную погашение кредиторской задолженности, то ее оценка на дату составления баланса составит 173 000.

Для дебиторской и кредиторской задолженности ценность погашения отражается отдельной строкой, демонстрируя, как подтвержденная документально стоимость возмещения оценивается составителями баланса на текущую дату.

Если в активе по строкам ценность продажи и ценность погашения раскрывается операционный потенциал оборотных средств в каждом процессе операционного цикла, то в пассиве сумма этих строк фор-

мирует показатель операционной прибыли. Операционная прибыль составляет 24 000 д.е. (30 000 + 12 000 + 6 000 – 26 000 + 2 000) и формируется на основе допущения, что оборотные запасы будут доведены до состояния готовой продукции, а дебиторская и кредиторская задолженность могут быть погашены немедленно. Другими словами, это оценка операционного потенциала всех задействованных ресурсов непосредственно на дату составления баланса.

В пассиве составляющие операционной прибыли отражаются отдельной строкой, т.к., по своей сути, это прогнозная оценка, сделанная непосредственно на дату составления отчета и затрагивающая период завершения операционных циклов по всем признанным в балансе оборотным активам и обязательствам.

Конец экспериментальной модели.

Включение в баланс показателя операционной прибыли позволяет сформулировать следующие утверждения относительно содержания баланса.

Во-первых, в баланс могут быть «вписаны» будущие прогнозные оценки. Процессный подход к признанию стоимости и ценности на отдельных этапах операционного цикла перманентно формирует показатель операционной прибыли.

Во-вторых, время прогнозирования в балансе охватывает период окончания всех операционных циклов, по которым в балансе признаны факты хозяйственной деятельности. Поэтому в данном случае речь идет о краткосрочном периоде реализации операционного потенциала всех имеющихся оборотных активов и краткосрочных обязательств.

В-третьих, хотя в баланс «вмещаются» прогнозные оценки, тем не менее, все оценки приводятся к дате составления баланса. Оценка ценности продажи готовой продукции

рассчитывается от цены, которая доступна для организации на текущий момент времени, и с учетом затрат, которые фактически должны «довести» запасы до состояния готовой продукции. Оценка ценности погашения дебиторская и кредиторской задолженности производится с учетом реальных положений договоров о возможности досрочного погашения долгов и состояния платежеспособности должников. По содержанию эти расчетные оценки ценности максимально приближаются к фактическим данным, обеспечивая достоверность оценок.

В-четвертых, показатель операционной прибыли формируется как сумма прибыли, полученной на каждом этапе операционного цикла. Метод двойной записи обеспечивает равенство между прогнозными оценками на каждом этапе операционного цикла и общей величиной операционной прибыли. Если ценность продажи упадет ниже стоимости приобретения и накопленных затрат, а ценность погашения дебиторской задолженности долгов будет меньше стоимости

возмещения, то прогнозная операционная прибыль примет отрицательное значение. Любая актуализация оценок в балансе в связи с признанием новых фактов хозяйственной деятельности может быть проверена.

Если данные примера 1 представить в формате баланса, то мы получим следующую балансовую модель (табл. 2).

Данному балансу соответствует балансовое уравнение:

$$\begin{aligned} & (\text{Стоимость активов} + \\ & + \text{Изменение оценки ценности активов}) - \\ & - (\text{Стоимость обязательств} + \\ & + \text{Изменение оценки ценности обязательств}) = \\ & = \text{Собственный капитал} + \\ & + \text{Потенциальная прибыль по активам и} \end{aligned} \quad \begin{aligned} & \text{обязательствам,} \end{aligned} \quad 2$$

Как видно, из формы баланса (табл. 2) и балансового уравнения (формула 2) стоимость и ценность раскрываются последовательно в активе, а их взаимодействие — в пассиве. При принятии любых решений в отношении созданной стоимости и ценности в активе мгновенно пересчитывается

Таблица 2

Прогнозная балансовая модель

Актив	Пассив
Материалы	Источники активов
первоначальная стоимость	Потенциальная операционная прибыль
накопленная стоимость	по материалам
ценность продажи	по незавершенному производству
Основное производство	по готовой продукции
первоначальная стоимость	Потенциальная операционная прибыль
накопленная стоимость	по дебиторской задолженности
ценность продажи	по кредиторской задолженности
Готовая продукция	Кредиторская задолженность
первоначальная стоимость	первоначальная стоимость
накопленная стоимость	стоимость возмещения
ценность продажи	ценность погашения
Дебиторская задолженность	—
первоначальная стоимость	—
стоимость возмещения	—
ценность продажи	—
Денежные средства	—
Итого	Итого

Источник: разработано авторами.

показатель потенциальной операционной прибыли в пассиве. Баланс может составляться постоянно (после каждой операции трансформации ресурсов), отображая таким образом процесс создания чистого притока денег в операционном цикле или бизнес-модель кругооборота операционного капитала.

При этом между оценками стоимости и ценности в активе и пассиве существует взаимосвязь, которая позволяет раскрыть изменение показателя финансового капитала во времени. Сопоставление первоначальной и накопленной стоимости оборотных активов и стоимости возмещения кредиторской задолженности показывает обеспеченность оборотных активов собственными средствами или показатель финансового капитала в прошлом. Сопоставление ценности активов и ценности обязательств показывает величину чистого притока операционных денег при условии немедленного завершения операционного цикла, в том числе, по операциям расчетов (показатель финансового капитала в настоящем). Сопоставление ценности активов и стоимости возмещения обязательств формирует величину чистого притока денег в будущем, при условии нормального завершения начатых операционных циклов, или показатель финансового капитала в краткосрочной перспективе.

Следует отметить, что в настоящее время при составлении баланса используется принцип осмотрительности, который предусматривает признание в балансе наименьшей оценки. Это может быть первоначальная прошлая оценка или текущая оценка продажи или будущая оценка дисконтированных потоков денежных средств. Однако из-за использования разных по существу и по времени оценок показатель финансового капитала теряет финансовый смысл, т.к. не

связан с притоками и оттоками денег, которые имели или будут иметь место в действительности.

В нашем случае, равенства между стоимостью и оттоками денежных средств и ценностью и притоками денежных средств снижают субъективность расчета прибыли в операционном цикле и являются методологическим фундаментом для установления взаимосвязи между текущими оценками операционной прибыли и будущей оценкой показателя финансового капитала в балансе.

Таким образом, мы доказали, что в современных условиях содержание баланса может быть расширено за счет включения прогнозных оценок, достоверность которых подтверждается фактическим результатами осуществления операционной деятельности, а счетная связь — методом двойной записи.

Заключение

В цифровой экономике к информационному сопровождению бизнеса предъявляются принципиально новые требования. В частности, инвесторы заинтересованы в формировании прогнозной достоверной информации, которая вскрывает взаимосвязи между существующей бизнес-моделью и финансовым капиталом организации в перспективе.

Для формирования такой информации в балансе мы предложили объектом учета считать процессы операционного цикла. Их основными характеристиками признаются показатели стоимости и ценности. Стоимость — это оценка затрат, которые осуществлены в операционном цикле в текущий момент времени, ценность — это цена продажи, которая доступна для организации в текущий момент времени за вычетом затрат, связанных с завершением операционного цикла.

Использование процессного подхода к формированию стоимости и ценности позволили признать в балансе операционную прибыль. Показатель операционной прибыли имеет субъективную прогнозную оценку и равняется чистому притоку денег, который можно получить, если по всем признанным в балансе оборотным активам и краткосрочным обязательствам будут завершены операционные циклы.

Признание операционной прибыли устанавливает логическую и счетную связь между активами и обязательствами, признанными в балансе, и показателем финансового капитала в краткосрочной перспективе. Сопоставление стоимости активов и кредиторской задолженности позволяет судить об обеспеченности операционной деятельности собственными источниками финансирования в прошлом. Сопоставление ценности активов и кредиторской задолженности позволяет прогнозировать возможность погашения кредиторской задолженности за счет собственных средств в будущем.

Изменение показателя финансового капитала можно контролировать в совокупности с показателем операционной прибыли. При этом оба показателя изменяются в режиме реального времени. Для их контроля используются данные одного баланса. Баланс становится инструментом предиктивного анализа прибыли и денежных потоков, при этом не требуется производить дополнительные расчеты или составлять детализирующие отчеты.

Очевидно, что будущие исследования баланса, как инструмента прогнозирования, лежат в плоскости анализа механизмов признания амортизации и раскрытия кругооборота стоимости внеоборотных активов.

Литература

1. Бланк И.А. Основы финансового менеджмента. Киев: Ника-Центр, 1999. Т. 1. 592 с.
2. Бриггем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент / Пер. с англ. Под ред. В.В. Ковалева. СПб.: Экономическая школа, 1997. Т. 1. 497 с.
3. Бобрышев А.Н., Медведева Е.А. Подготовка специалистов в области управленческого учета в условиях цифровой трансформации экономики // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 11. № 1. С. 22–28.
4. Ван Хорн Джеймс К., Вахович мл., Джон М. Основы финансового менеджмента. 12-е издание. Пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. 1232 с.
5. Вахрушина М.А., Самарина Л.Б. Управленческий анализ: вопросы теории, практика проведения. Монография. М.: ИНФРА-М, 2015. 144 с.
6. Дружинина И.А., Антонов А.П. Белгородский В.С., Генералова А.В. Современные инструменты управления финансовым состоянием предприятия. Монография. М.: ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2016. 158 с.
7. Ковалев В.В. Финансовый менеджмент: теория и практика. 3-е издание. М.: Проспект, 2017. 1104 с.
8. Кутер М.И. Теория бухгалтерского учета. Учебник. 3-е издание. М.: Финансы и статистика, 2006. 592 с.
9. Одинцова Т.М., Рура О.В. Развитие видов, объектов и методов бухгалтерского учета в условиях цифровой экономики и информационного общества // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 4. С. 120–131.
10. Палий В.Ф. Теория бухгалтерского учета: современные проблемы. М.: Бухгалтерский учет, 2007. 84 с.
11. Петров А.М. Теория, методология и практика бухгалтерского учета и контроля рас-

четов в корпоративных системах сферы услуг. Монография. М.: ИНФРА-М, 2015. 234 с.

12. Приображенская В.В. Влияние цифровой экономики на развитие компетенций в области бухгалтерского учета // Финансовый журнал. 2019. № 5 (51). С. 50–63.
13. Рожнова О.В. Гармонизация учета, аудита и анализа в условиях цифровой экономики // Учет. Анализ. Аудит. 2018. Т. 5. № 3. С. 16–23.
14. Рудановский А.П. Теория балансового учета. Введение в теорию балансового учета. Баланс как объект учета. М.: МИКИЗ, 1928.
15. Соболева Г.В., Попова И.Н., Терентьева Т.О. Цифровая экономика и ее влияние на подготовку кадров в сфере бухгалтерского учета и аудита // Международный бухгалтерский учет. 2019. Т. 22. № 4 (454). С. 464–480.
16. Соколов Я.В. Основы теории бухгалтерского учета. М.: Финансы и статистика, 2003. 493 с.
17. Ульянова Н.В. Оценка прибыли, капитала, благосостояния. Монография [Электрон. ресурс]. М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. Режим доступа: <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=51438&p=attachment>.
18. Халевинская А.Б. Трансформация систем учета и контроля в условиях цифровой экономики. Международный молодежный симпозиум по управлению и финансам: сборник научных статей. 2017. С. 314–317.
19. Цыганков К.Ю. Очерки теории и истории бухгалтерского учета. М.: Магистр, 2007. 462 с.
20. Щурина С.В. Финансовый менеджмент в современной российской компании. Монография / Под ред. Щуриной С.В. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2017. 225 с.
21. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Утвержден Приказом Росстандарта от 28.09.2015 № 1391-ст. Доступ из справочно-правовой системы «Консультант Плюс».

References

1. Blank I.A. Osnovy finansovogo menedzhmenta = Fundamentals of financial management. Kiev: Nika-Center; 1999; 1; 592 p.
2. Brighem YU., Gapenski L. Finansovyy menedzhment = Financial management. Tr. from Eng. Ed. V.V. Kovaleva. Saint Petersburg: School of Economics; 1997; 1; 497 p. (In Russ.)
3. Bobryshev A.N., Medvedeva Ye.A. Training of specialists in the field of management accounting in the digital transformation of the economy. Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya = Economics and management: problems, solutions. 2019; 11; 1: 22–28. (In Russ.)
4. Van Khorn Dzheymys K., Vakhovich ml., Dzhon M. Osnovy finansovogo menedzhmenta. 12-ye izdaniye = Fundamentals of financial management. 12th edition. Tr. from Eng. Moscow: LLC "I.D. Williams; 2008. 1232 p. (In Russ.)

5. Vakhrushina M.A., Samarina L.B. Upravlencheskiy analiz: voprosy teorii, praktika provedeniya. Monografiya = Management analysis: theory, practice. Monograph. Moscow: INFRA-M; 2015. 144 p. (In Russ.)
6. Druzhinina I.A., Antonov A.P. Belgorodskiy V.S., Generalova A.V. Sovremennyye instrumenty upravleniya finansovym sostoyaniyem predpriyatiya. Monografiya = Modern tools for managing the financial condition of the enterprise. Monograph. Moscow: FSBEI HE "MGUDT"; 2016. 158 p. (In Russ.)
7. Kovalev V.V. Finansovyy menedzhment: teoriya i praktika. 3-ye izdaniye = Financial management: theory and practice. 3rd edition. Moscow: Prospect; 2017. 1104 p. (In Russ.)
8. Kuter M.I. Teoriya bukhgalterskogo ucheta. Uchebnik. 3-ye izdaniye = Theory of accounting. Textbook. 3rd edition. Moscow: Finance and Statistics; 2006. 592 p. (In Russ.)

9. Odintsova T.M., Rura O.V. The development of types, objects and methods of accounting in the digital economy and the information society. Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskiye nauki = Scientific and technical statements of St. Petersburg State Polytechnic University. Economic sciences. 2018; 11; 4: 120-131. (In Russ.)
10. Paliy V.F. Teoriya bukhgalterskogo ucheta: sovremennyye problem = Theory of accounting: current issues. Moscow: Accounting; 2007. 84 p. (In Russ.)
11. Petrov A.M. Teoriya, metodologiya i praktika bukhgalterskogo ucheta i kontrolya raschetov v korporativnykh sistemakh sfery uslug. Monografiya = Theory, methodology and practice of accounting and settlement control in corporate systems of the service sector. Monograph. Moscow: INFRA-M; 2015. 234 p. (In Russ.)
12. Priobrazhenskaya V.V. The influence of the digital economy on the development of competencies in the field of accounting. Finansovyy zhurnal = Financial Journal. 2019; 5 (51): 50-63. (In Russ.)
13. Rozhnova O.V. Harmonization of accounting, audit and analysis in the digital economy. Uchet. Analiz. Audit = Accounting. Analysis. Audit. 2018; 5; 3: 16-23. (In Russ.)
14. Rudanovskiy A.P. Teoriya balansovogo ucheta. Vvedeniye v teoriyu balansovogo ucheta. Balans kak ob"yekt ucheta = Theory of balance sheet accounting. Introduction to balance sheet theory. Balance as an object of accounting. Moscow: MIKIZ; 1928. (In Russ.)
15. Soboleva G.V., Popova I.N., Terent'yeva T.O. The digital economy and its impact on training in accounting and auditing. Mezhdunarodnyy bukhgalterskiy uchët = International accounting. 2019; 22; 4 (454): 464-480. (In Russ.)
16. Sokolov YA.V. Osnovy teorii bukhgalterskogo ucheta. Monografiya. = Fundamentals of accounting theory. Monograph. Moscow: Finance and Statistics; 2003. 493 p. (In Russ.)
17. Ul'yanova N.V. Otsenka pribyli, kapitala, blagosostoyaniya = Assessment of profit, capital, welfare [Internet]. Monografiya. Moscow: Ekonomicheskii fakul'tet MGU imeni M. V. Lomonosova. Available from: <https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=51438&p=attachment>. (In Russ.)
18. Khalevinskaya A.B. Transformation of accounting and control systems in the digital economy. Mezhdunarodnyy molodezhnyy simpozium po upravleniyu i finansam: sbornik nauchnykh statey = International Youth Symposium on Management and Finance: A Collection of Scientific Articles. 2017: 314-317. (In Russ.)
19. Tsygankov K.YU. Ocherki teorii i istorii bukhgalterskogo ucheta = Essays on the theory and history of accounting. Moscow: Master; 2007. 462 p. (In Russ.)
20. Shchurina S.V. Finansovyy menedzhment v sovremennoy rossiyskoy kompanii. Monografiya = Financial management in a modern Russian company. Monograph / Ed. Schurino S.V. Moscow: Publishing and trading corporation "Dashkov and K"; 2017. 225 p. (In Russ.)
21. GOST R ISO 9001-2015. Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Sistemy menedzhmenta kachestva. Utverzhden Prikazom Rosstandarta ot 28.09.2015 N 1391-st. Dostup iz spravochno-pravovoy sistemy «Konsul'tant Plyus» = GOST R ISO 9001-2015. National standard of the Russian Federation. Quality Management Systems. Approved by the Order of Rosstandart of 09.28.2015 N 1391-Art. Access from the consultant Plus legal system. (In Russ.)

Сведения об авторах

Михаил Иванович Лугачев

Д.э.н., профессор, заведующий кафедрой экономической информатики, Экономический факультет

Московский государственный университет

им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Эл. почта: mil@econ.msu.ru

Наталья Васильевна Ульянова

Д.э.н., доцент кафедры учета анализа и аудита, Экономический факультет

Московский государственный университет

им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Эл. почта: n.ul@inbox.ru

Кирилл Георгиевич Скрипкин

К.э.н., доцент, кафедра экономической информатики, Экономический факультет

Московский государственный университет

им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Эл. почта: k.scripkin@gmail.com

Information about the authors

Mikhail I. Lugachev

Dr. Sci. (Economics), professor, head of Department of economic informatic, Faculty of economic Lomonosov Moscow state university

Moscow, Russia

E-mail: mil@econ.msu.ru

Natalia V. Ulianova

Dr. Sci. (Economics), associate professor at the Department of accounting, Faculty of economic Lomonosov Moscow state university

Moscow, Russia

E-mail: n.ul@inbox.ru

Kirill G. Skripkin

Cand. Sci. (Economics), associate professor at the Department of economic informatic, Faculty of economic

Lomonosov Moscow state university

Moscow, Russia

E-mail: mil@econ.msu.ru

Международная миграция как фактор социально-экономического развития России

Цель исследования. В статье проводится исследование человеческого потенциала Российской Федерации в условиях устоявшейся второй волны демографического кризиса. Анализируется состояние численности, состава и структуры населения РФ в периоды первого (1992–2012 гг.) и второго демографического кризиса (2016 год и по настоящее время) с учетом факторов воспроизводства населения (рождаемости и смертности) и миграционных притоков в страну. Выявляются факторы и причины внешней миграции со странами СНГ, так как они были и остаются основными донорами для пополнения состава населения РФ. На базе аналитических показателей динамики и методов статистических взаимосвязей приводится оценка внешнего миграционного прироста и его влияния на экономику страны. Особое внимание уделяется проводимым на государственном уровне мерам стабилизации и улучшения проблем миграции.

Материалы и методы. Информационной базой исследования являются статистические данные и аналитическая информация о потоках внешней миграции, на основе проводимых в стране статистических обследований. Методологическую базу исследования представляют статистические методы анализа информации: сравнительный анализ, структурно-динамический анализ, анализ взаимосвязей миграционных и экономических показателей.

Результаты. В статье детально разобраны результаты происходящих событий в стране в периоды демографической убыли и роста населения с 1992 года. Благодаря демографической политике, проводимой в стране, а также особенностям возрастного-половой структуры населения, доказывается, что главной компонентой для роста численности населения, по-прежнему остается миграционный приток. Особое внимание уделяется трудовой внешней миграции за последние годы. Оценивается

влияние миграционного прироста на экономические показатели (уровень безработицы, реальную заработную плату, индекс физического объема ВВП) и развитие экономики в целом. Также в масштабах проводимой до 2025 года Стратегии государственной национальной политики, приводятся и анализируются государственные меры по стабилизации и улучшению ситуации в области миграционной политики.

Заключение. В силу того, что миграционная политика является определяющей компонентой демографической политики, являющейся в настоящее время одной из приоритетных задач развития государства, целесообразно регулярное исследование внешней миграции, как одного из важнейших источников пополнения человеческого капитала, а значит и развития экономики страны. Поэтому особое внимание Правительству РФ необходимо уделять мерам по привлечению зарубежной высококвалифицированной рабочей силы в активном трудоспособном возрасте; предоставлению иностранным студентам, успешно закончившим обучение и защитившим дипломы в российских вузах возможности трудоустроиться на перспективную работу в нашей стране с целью получения российского гражданства, создания семьи в России. А так же проведения регулярных мониторинговых исследований в области адаптации иностранных граждан с учетом региональных особенностей развития экономики нашей страны, ведь на сегодняшний день в условиях демографической убыли российского населения это — один из основных источников развития экономики на геополитическом уровне, так как трудовой потенциал — основа для роста национальной экономики.

Ключевые слова: депопуляция, внешняя миграция, трудовая миграция, меры миграционной политики, показатели миграции, динамические ряды, метод корреляционного анализа.

Irina I. Glebkova, Tatyana A. Dolbik-Vorobey

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

International Migration as a Factor of Social and Economic Development of Russia

Purpose of research. The article examines the human potential of the Russian Federation in the context of the established second wave of the demographic crisis. The article analyzes the state of the number, composition and structure of the population of the Russian Federation during the first (1992–2012) and second demographic crisis (2016 and up to the present), taking into account the factors of population reproduction (birth rate and mortality) and migration inflows to the country. Factors and causes of external migration with the CIS countries are identified, as they have been and remain the main donors for replenishing the population of the Russian Federation. On the basis of analytical indicators of dynamics and methods of statistical relationships, an assessment of external migration growth and its impact on the country's economy is carried out. Special attention is paid to measures taken at the state level to stabilize and improve migration problems.

Materials and methods. The information base of the study is statistical data and analytical information on external migration flows, based on statistical surveys conducted in the country. The methodological basis of the research is represented by statistical methods of information analysis: comparative analysis, structural

and dynamic analysis, analysis of the interrelationships of migration and economic indicators.

Results. The article analyzes in detail the results of current events in the country during periods of demographic decline and population growth since 1992. Due to the demographic policy implemented in the country, as well as the peculiarities of the age and gender structure of the population, it is proved that the main component for population growth is still the migration inflow. Special attention is paid to external labor migration in recent years. The impact of migration growth on economic indicators (unemployment rate, real wages, index of physical volume of GDP) and the development of the economy as a whole are estimated. Also, on the scale of the State National Policy Strategy being implemented until 2025, state measures to stabilize and improve the situation in the field of migration policy are presented and analyzed.

Conclusion. Due to the fact that migration policy is a defining component of demographic policy, which is currently one of the priorities of the state's development, it is advisable to regularly study external migration as one of the most important sources of replenishment of human capital and hence the development of

the country's economy. Therefore, the government of the Russian Federation should pay special attention to measures to attract foreign highly qualified labor force in active working age; providing foreign students who have successfully completed their studies and defended their diplomas in Russian universities with the opportunity to find a job in our country in order to obtain Russian citizenship and create a family in Russia. As well as carrying out regular monitoring studies on adaptation of foreign citizens, taking into account regional peculiarities

of development of economy of our country, because today in the conditions of demographic decline of the Russian population it is one of the main sources of economic development on the geopolitical level, as labor potential — a basis for national economic growth.

Keywords: depopulation, external migration, labor migration, migration policy measures, migration indicators, dynamic series, correlation analysis method.

Введение

Основной составляющей капитала любого развитого государства выступает человеческий капитал, так как это компонента факторов, включающая в себя интеллект, здоровье, образование, высокопроизводительный труд, качество и уровень жизни индивидуума. Что сегодня представляет собой человеческий капитал в нашей стране? Вопросам состояния и развития человеческого капитала с точки зрения воспроизводства и миграции населения уделяют внимание многие российские ученые. Рыбаковский Л.Л., Гришанова А.Г., Кожевникова Н.И. [1–3], в своих последних исследованиях и публикациях по проблемам как внешней, так и внутренней миграции, подчеркивают роль миграционного прироста населения на поддержание уровня рождаемости. Рязанцев С.В. и другие авторы дают всестороннюю оценку роли миграционных процессов в социально-экономическом развитии страны [4–7]. Особое внимание эффектам мер демографической политики, с учетом их распространения на некоторые категории мигрантов, уделяет Архангельский В.Н. [8] и ряд других специалистов-демографов. В этих и ряде других научных публикациях в последнее время используется как структурно-динамический анализ демографических процессов, общего прироста (убыли) населения, так и отдельных его компонент, причем не только в масштабах страны, но и в территориальном (региональном) разрезе [9]. В этой связи стоит отметить и более ранние работы специалистов-демографов,

которые на базе Всесоюзных и Всероссийских переписей населения (1970, 1979, 1989, 2002, 2010 гг.) проводили оценку и анализ миграционной привлекательности регионов нашей страны в динамике, обозначили влияние основных факторов и причин доминирующих направлений миграционных потоков России [10]. В работе Гребенюка А.А. особое внимание уделяется вопросам трудовой миграции отдающих и принимающих государств, а также анализу российских исследований в этом направлении [11]; с учетом ряда политических событий оценивается влияние вынужденной миграции на принимающие регионы РФ в работе Мурашевой С.В. [12]. Детально рассматриваются проблемы адаптации и интеграции мигрантов в работе Волоха В.А. [13]: автор подробно анализирует вопросы адаптации иностранных граждан в новом обществе, при этом его исследования базируются на законопроекте «О социальной и культурной адаптации и интеграции иностранных граждан в Российской Федерации» 2013 г. и Стратегии государственной национальной политики РФ (до 2025 г.) [14, 15]. Волох В.А. отмечает сложности в реализации данной политики, так как пока детально не разработана методологическая база для ее активного внедрения в региональном разрезе, отсутствует стабильная финансовая поддержка для ее реализации, но главное, прослеживается недостаточная заинтересованность самих мигрантов в современной интеграции. Оценка перспектив развития миграции в России дает Карпова Н.С. с учетом конкурентоспособности других

принимающих стран в меняющейся мировой экономической среде [16]. Попробуем оценить и проанализировать происходящие демографические процессы в нашей стране за два последних периода демографического кризиса.

В условиях первого демографического кризиса 1992–2012 гг., основной негативной компонентой которого была низкая рождаемость, погодовой баланс численности населения за этот период представлял собой достаточно печальную картину. В 1992 г. общая численность населения практически не изменилась (+47,0 тыс. чел., из которых миграционный прирост составлял 266,2 тыс. чел), а в конце 2012 г. население составляло всего 143347,1 тыс. чел., хотя за 2012 г. оно и увеличилось на 290,2 тыс. чел., но вклад процессов естественного движения населения был практически незаметным (-4,3 тыс. чел.). За двадцать один год население РФ снизилось более чем на 5,17 млн человек, и исключительно за счет стабильной естественной убыли населения (самые высокие показатели которой наблюдались в 2003 и 2005 гг.), миграционный прирост на протяжении всего периода времени был положительным (с максимальными значениями показателя в 1994 и 1995 гг. , соответственно, 978,0 и 653,7 тыс. человек, а минимальными в 2002 и 2003 гг. (соответственно 230,8 и 258,5 тыс. человек). Как отмечают специалисты, «...в результате миграционного прироста населения, преимущественно русского и руссковорящего из государств нового зарубежья, Россия смогла компенсировать 60% естественной убыли» [4, С. 9].

С 2013 по 2015 гг. численность россиян увеличилась, чему способствовали как демографические, так и политические события. Так, в 2013 г. население страны увеличилось на 319,8 тыс. человек, причем доля естественного прироста в общем приросте составила +7,5% (здесь немалую роль сыграло активное внедрение государством методов демографической политики). После включения Республики Крым и г. Севастополь в состав России население страны к концу 2015 г. увеличилось до 146544,7 тыс. человек, при этом доля естественного прироста в общем приросте достигла уровня +11,5% (расчеты авторов по официальным данным Росстата).

Но уже с 2016 г. в стране наблюдается второй этап депопуляции. Так, превышение числа родившихся над числом умерших составляло уже 2,3 тыс. человек, но на общем приросте населения это практически не отразилось из-за серьезного превышения числа прибывших над числом выбывших (+261,9 тыс. чел.). Общая численность населения продолжает за счет миграции расти еще до начала 2019 г., с 1 января 2019 г. численность населения уже снижается (так, в 2018 г. по сравнению предыдущим годом естественная убыль населения увеличилась в 1,653 раза, а миграционный прирост снизился за этот же период на 41,1%) [17, С. 323–324]. В 2019 г. по оперативным данным Росстата численность населения также снижается – примерно на 32,1 тыс. чел.

Таким образом, по-прежнему сохраняется тенденция снижения общей численности населения за счет естественной убыли населения при незначительном миграционном приросте. Уделим внимание в этой статье внешней миграции, так как иммиграция всегда играла, играет и будет играть важнейшую роль в трансформации демографической ситуации в

России. Безусловно, события последних месяцев 2019 г. в Китае, которые имеют глобальный характер и затронули практически все страны мира, окажут заметное влияние, как на процессы воспроизводства населения, так и на миграционные процессы и в нашей стране. Но дать им оценку представляется возможным только после сбора и обработки статистических данных, касающихся событий 2020 г., поэтому пока оценку сложившейся ситуации дадим до начала этого года.

Структурно-динамический анализ международной миграции

Так как рост численности населения зависит от внешней миграции, основное внимание уделим международной миграции, ее динамике, факторам и причинам за 2008–2018 гг, опираясь на официальные данные Росстата. Как уже отмечалось ранее, наблюдается сокращение внешней миграции и в последние годы достаточно устойчивое, специалисты это связывают с повышением курса доллара и ослаблением рубля, а также снижением ряда показателей уровня жизни населения особенно в региональном разрезе, таких как среднедушевые доходы населения, среднемесячные реальные заработные платы работником в экономике в долларовом эквиваленте и прочее [18, С. 18–19].

Так, в период 2008–2018 гг. международная миграция ежегодно в среднем увеличивалась в 1,121 раза, при этом особого внимания заслуживает динамика структуры валовой мигра-

ции. Если в начале изучаемого периода (2008–2010 гг.) доля внешней миграции со странами СНГ составляла менее 18 %, то в 2015 г. – это почти треть, а уже в 2017–2018 гг. ее величина составляла 88–89%. По этой причине весь последующий анализ проведем по странам СНГ.

При оценке возрастного состава иммигрантов по субъектам Российской Федерации прослеживается следующая тенденция. В 2008 г. сальдо миграции по всем федеральным округам и по всем возрастным когортам было положительным. При этом самые высокие показатели среди мигрантов трудоспособного возраста были в Центральном (34,2%), Приволжском (19,7%) и Сибирском (13,4%) федеральных округах. А в возрасте моложе трудоспособного (т.е. потенциальная рабочая сила), соответственно в Центральном (34,2%), Приволжском (20,5%) и Сибирском (13,2%) федеральных округах. Такая же тенденция наблюдается и в 2010 г. Доля мигрантов трудоспособного возраста в Центральном федеральном округе увеличилась на 1,6% (35,8%), в Приволжском снизилась на 1,2% (составив 18,5%), а в Сибирском федеральном округе увеличилась на 0,2% (составив 13,6%). А вот в возрасте моложе трудоспособного структурные изменения более наглядные: соответственно в Центральном федеральном округе удельный вес этой миграционной группы составил 40,4% (увеличился на 6,2%), Приволжском и Сибирском федеральных округах наоборот снизился, соответственно, до

Таблица 1

Структура валовой миграции в России за 2008–2018 гг.*

Валовая миграция	2008 г.	2010 г.	2015 г.	2017 г.	2018 г.
Всего, чел., в том числе:	321122	225234	951850	966188	1006516
страны СНГ, %	14,79	17,43	66,85	87,51	88,71
станы дальнего зарубежья, %	85,21	82,57	33,15	12,49	11,29

*Расчеты автора по данным Росстата [<https://www.gks.ru/Население/Демография/>].

18,4% и 11,3%.

Совсем другая ситуация вырисовывается со структурой внешнего миграционного прироста в 2015 и 2018 гг. (табл. 2 и 3). В 2015 г. отрицательное сальдо миграции прослеживается в любой возрастной группе Дальневосточного и Крымского федеральных округов, а старше трудоспособного возраста – Приволжском и Сибирском федеральных округах.

В 2018 г. вне зависимости от возраста донорами для других стран выступают Приволжский, Дальневосточный, Сибирский и Уральский федеральные округа.

При этом очень различна возрастная структура миграционного оттока этих федеральных округов (рис.1):

Так, приоритетной выступает группа мигрантов трудоспособного возраста во всех федеральных округах, но с большой вариацией признака (55–73%). А вот малозначимой группой в возрасте моложе трудоспособного только в Уральском федеральном округе, а старше трудоспособного возрасте – в Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах (7–9%). Предположим, что не последнюю роль в данном случае играют такие факторы как низкие значения валового внутреннего продукта на душу населения, среднемесячной реальной заработной платы, высокие показатели безработицы.

Что касается структуры мигрантов из стран СНГ с учетом пола, то до 2015 г. структура миграционного прироста практически не менялась (табл. 4), в 2015 г. резкий перевес в сторону женщин, а к 2018 г. – показатели практически равны. Конечно, такой перевес в гендерной структуре мигрантов может значительно сказаться на гендерном дисбалансе в нашей стране, причем в негативном плане.

При этом особого внимания заслуживает структура брачного состояния мигрантов в гендерно разрезе. Так, в 2008

Таблица 2

Возрастной состав мигрантов по субъектам РФ в 2015 г.

Федеральный округ	Внешний миграционный прирост, чел.*			
	всего, в том числе в возрасте:	моложе трудоспособного	трудоспособном	старше трудоспособного
Центральный	245 384	46 873	153 639	44 872
Северо-Западный	221 756	38 654	155 491	27 611
Южный	21 772	7 493	9 185	5 094
Северо-Кавказский	48 361	10 362	25 303	12 696
Приволжский	-24 811	-6 379	-17 588	-844
Уральский	-24 591	-3 378	-25 873	4 660
Сибирский	3 467	1 562	5 055	-3 150
Дальневосточный	-10 586	-2 446	-7 402	-738
Крымский	-24 164	-3 164	-14 017	-6 983

* Составлено авторами по данным Росстата [<https://www.gks.ru/Население/Демография>]

Таблица 3

Возрастной состав мигрантов по субъектам РФ в 2018 г.

Федеральный округ	Внешний миграционный прирост, чел.*			
	всего, в том числе в возрасте:	моложе трудоспособного	трудоспособном	старше трудоспособного
Центральный	183 953	35 425	125 638	22 890
Северо-Западный	50 657	7 722	38 665	4 270
Южный	49 745	7 869	31 312	10 564
Северо-Кавказский	-25 186	-5 912	-17 441	-1 833
Приволжский	-65 987	-11 990	-47 972	-6 025
Уральский	-6 217	-178	-1 706	-4 333
Сибирский	-28 966	-5 288	-18 872	-4 806
Дальневосточный	-33 145	-5 727	-18 178	-9 240

* Составлено авторами по данным Росстата [<https://www.gks.ru/Население/Демография>]

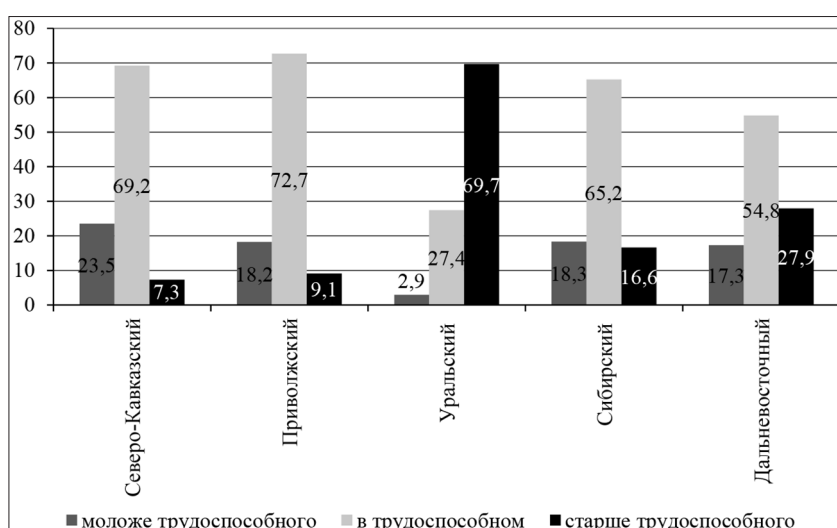


Рис. 1. Возрастная структура миграционного оттока по федеральным округам РФ в 2018 г., %*

*Составлено авторами по данным Росстата [<https://www.gks.ru/Население/Демография>]

Таблица 4

Динамика распределения мигрантов в возрасте 14 лет и старше по полу*

Структура внешнего миграционного прироста лиц в возрасте 14 лет и старше	2008 г.	2010 г.	2015 г.	2018 г.
Мужчины	51,6	55,6	33,3	50,0
Женщины	48,4	44,4	66,7	50,0
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0

*Расчеты автора по данным Росстата [<https://www.gks.ru/Население/Демография>]

Таблица 5

Структура внешнего миграционного прироста в России лиц в возрасте 14 лет и старше по брачному состоянию и полу в 2018 г.*

Структура внешнего миграционного прироста лиц в возрасте 14 лет и старше	мужчины	женщины
состоящие в браке	61,2	55,7
никогда не состоявшие в браке	19,8	16,4
вдовы	1,1	5,2
разведенные	3,9	7,9
не указавшие брачное состояние	14,0	14,8
Итого	100,0	100,0

*Расчеты автора по данным Росстата [<https://www.gks.ru/Население/Демография>]

Таблица 6

Динамика приживаемости внешних мигрантов (иностранцы граждане) в России за 2008–2018 гг, %*

Страны СНГ	2008 г.	2010 г.	2015 г.	2017 г.	2018 г.
Азербайджан	97,0	96,8	23,6	11,6	9,7
Армения	98,6	95,9	20,9	6,1	5,6
Беларусь	85,9	93,7	12,1	37,5	20,1
Казахстан	90,1	85,8	25,1	15,4	5,4
Киргизия	96,3	90,2	12,7	27,5	4,6
Республика Молдова	98,2	92,6	25,0	-4,8	-9,4
Таджикистан	98,7	93,8	3,9	30,3	18,5
Туркмения	98,3	93,2	11,8	14,6	10,4
Узбекистан	98,6	92,7	-22,7	12,9	-4,2
Украина	94,4	92,0	53,9	2,8	-13,5

*Расчеты авторов по данным Росстата [<https://www.gks.ru/Население/Демография>]

и 2010 гг. практически половина мигрантов, и мужчин, и женщин, состояли в браке (47,7 и 48,9% соответственно). При этом никогда не состояли в браке 32,6% мужчин и 23,8% женщин, разведенных и вдовых мужчин (соответственно, 4,2 и 1,3%) было во много раз больше разведенных и вдовых женщин (соответственно, 8,4 и 7,6%). В 2010 г. ситуация осталась практически без изменения, а вот в 2015 г. картина серьезно поменялась. Так, среди состоящих в браке было уже 61,1% мужчин и 49,7% женщин; никогда не состоящих в браке

среди мужчин – 22,4%, среди женщин – только 16,1%; вдовы и вдовы мужчин (9,6% против 2,8%). Структура разведенных мужчин и женщин практически одинакова 10,4–10,6%, но доля женщин, не указавших состояние в браке, более чем в 4,2 раза превышала долю мужчин (их только 3,3%) (расчеты автором по данным Росстата).

Росстат приводит структуру брачного состояния мужчин и женщин мигрантов отдельно из стран СНГ в 2018 г., и здесь прослеживаются следующие структурные различия (табл. 5):

Очень много мигрантов скрывают свое брачное состояние, вдовых и разведенных женщин в 4,7 раза и в 2,0 раза, соответственно, больше мужчин. Приезжают в Россию из стран СНГ по-прежнему больше мигрантов состоящих в браке, но с серьезной разницей в гендерном разрезе. Как можно отметить, в динамике в разных структурах внешней миграции наблюдается значительный дисбаланс.

Один из наиболее ярких показателей, характеризующих эффективность внешней миграции, коэффициент приживаемости мигрантов. В табл. 6 представлены расчеты этого показателя только по иностранным гражданам. Как можно заметить, разительные перемены наблюдаются в динамике практически по всем странам в сторону снижения показателя.

Так, среди стран СНГ наблюдается значительное снижение показателя за изучаемый период времени, вплоть до отрицательных значений показателя в 2015 г. в Узбекистане, 2017 г. у в Республике Молдова, в 2018 г. уже в Республике Молдова, Узбекистане, Украине. Число иностранцев, которые получили гражданство Российской Федерации, за 2017–2018 гг. выросло: в 2018 г. его получили более 269 тысяч человек, в 2017 г. почти 258 тыс. человек, как следует из официальных данных МВД РФ. При этом, например, в 2018 г. российское гражданство чаще всех получали выходцы с Украины (83 тыс. человек), Казахстана (45,3 тыс. человек), Таджикистана (35,7 тыс. человек), Армении (27,1 тыс. человек) и Узбекистана (21 тыс. человек). Последнее происходило благодаря модернизации института гражданства в РФ.

Особого внимания заслуживает оценка распределения международного миграционного прироста (лица в возрасте 14 лет и старше) по причинам миграции. Опираясь на офи-

циальную статистику Росстата, прослеживается следующая тенденция: за весь изучаемый период доминантной группой выступают причины личного, семейного характера (они же всегда являются и приоритетными) и в связи с работой (около 80%), учебой. А вот другие причины варьируют с учетом страны, из которой иммигрант прибыл в РФ, и г. Так, в 2008 г. третьей причиной среди мигрантов из Казахстана, Армении была учеба в российских учебных заведениях; возвращение к прежнему месту жительства у мигрантов из Белоруссии, Молдавии, Украины, Азербайджана, Таджикистана и Узбекистана. В 2010 г. отрицательные значения этой причины прослеживаются в ответах мигрантов из Азербайджана, Таджикистана. Достаточно значимым значением миграционного прироста является в 2010 г., такая причина как обострение межнациональных отношений (Казахстане, Киргизии, Молдавии, Туркмении, Узбекистана и Украины). Заметной отрицательной причиной миграционного прироста (убыли) выступает родственным России Украине и Белоруссии причина «несоответствие природно-климатическим условиям». В 2015 и 2018 гг. нет информации по отдельным странам, но в целом самыми острыми причинами в 2015 г. выступают причины личного, семейного характера, обострение межнациональных отношений (прирост) и в связи с работой (убыль); а в 2018 г. все показатели положительные (прирост), причем значительно увеличились показатели связанные с работой и учебой. Все выше отмеченное, несомненно, связано с рядом политических событий в странах СНГ и с государственными, законодательными, социально-экономическими преобразованиями в нашей стране [19, С. 63–64].

Конечно, особого внимания заслуживает международная трудовая миграция, причем, как

отмечают специалисты [20, 21], ее роль будет все время расти. С 2014 г. в РФ для иностранных граждан стало необходимым присвоение иностранным гражданам, которые планируют заниматься трудовой деятельностью на территории нашей страны, индивидуального налогового номера (патенты, налоговые регистрации). Проследим изменения, произошедшие в последнее время.

Внешняя трудовая миграция в РФ за 2017–2018 гг.

Особого внимания заслуживает структурно-динамический анализ иммигрантов из стран СНГ по полу и возрасту, главной составляющей которых является контингент трудовых иммигрантов трудоспособного возраста (расчеты проведены авторами по официальным данным Росстата). В 2018 г. модальный возраст этих мигрантов составлял 30,5 лет (женщины незначительно, но все-таки были моложе мужчин – 30,2 года против 30,7 лет). Если отследить динамику показателя, то по сравнению с 2015–2017 гг., как мужчины,

так и женщины-иммигранты из стран СНГ стали старше (модальный возраст мужчин за этот период увеличился с 27,5 лет до 28,1 года, а женщин – с 28,0 лет до 30,0 лет).

Важной проблемой, связанной с международной миграцией, является невысокий уровень образования большинства мигрантов из других стран, в том числе стран СНГ, это четко прослеживается по официальным данным Росстата: 90% мигрантов из стран СНГ имеют среднее профессиональное (среднее специальное) образование, среднее общее (полное) образование, высшее профессиональное (высшее) образование (рис.2). При этом доля мигрантов, имеющих какую-либо ученую степень, очень низкая, в динамике доля иммигрантов с ученой степенью доктора наук, хотя и незначительно, но растет, а кандидата в доктора наук – снижается. Это говорит о том, что в РФ по-прежнему не является привлекательной страной для высококвалифицированных мигрантов.

С одной стороны, при помощи мигрантов, которые являются очень дешевой рабочей

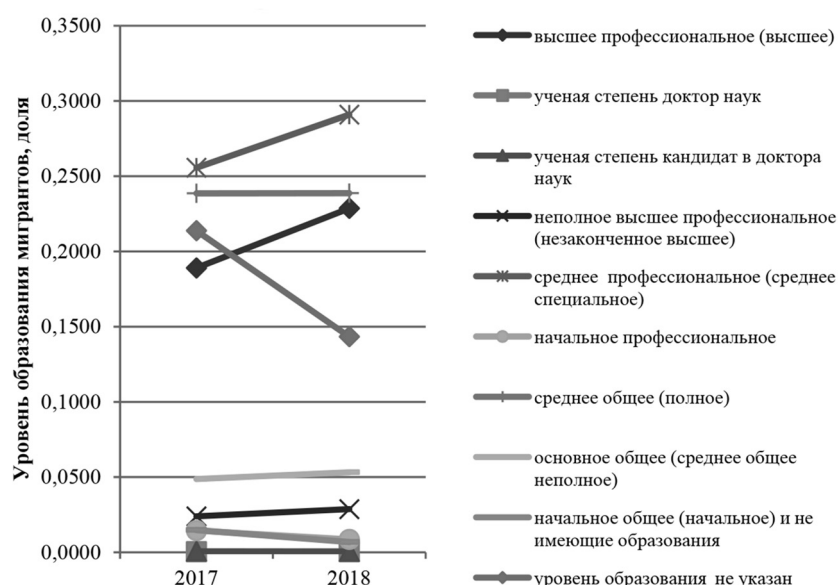


Рис. 2 Распределение мигрантов из стран СНГ по уровню образования в 2017–2018 гг.*

*Расчеты авторов по данным Росстата [<https://www.gks.ru/Население/Демография>]

Таблица 7

**Динамика международного миграционного прироста
и уровня безработицы в РФ***

Показатель	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Миграционный прирост, человек	295859	280328	245384	361948	211878	124854
Уровень безработицы, %	5,5	5,2	5,6	5,5	5,2	4,9

*Официальные данные Росстата [https://www.gks.ru/]

Таблица 8

Расчетные данные

Показатель	Результат
Множественный R	0,756815
R-квадрат	0,572770
Нормированный R-квадрат	0,465962
Стандартная ошибка	59028,64
Наблюдения	6

Таблица 9

**Динамика международного миграционного прироста, ВВП на душу
населения, индекса физического объема ВВП и реальной заработной
платы населения в РФ***

Показатель	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Миграционный прирост, человек	295859	280328	245384	361948	211878	124854
Индекс физического объема ВВП, % к предыдущему году	101,3	100,7	96,3	103,2	101,6	102,3
Реальная заработная плата работников организаций, % к предыдущему году	104,8	101,2	91,0	100,8	102,9	108,5

*Официальные данные Росстата [https://www.gks.ru/]

силой, государство закрывает нехватку дешевых рабочих мест при наименьших затратах (для этого принимается ряд мер по упрощению получения вида на жительство, патента на трудовую деятельность). Кроме этого государство получает значительные доходы от мигрантов в виде НДФЛ и от покупки патентов на трудовую деятельность. С другой, это негативно влияет на уровень безработицы среди российских граждан. Как в 2017 г., так и в 2018 г. наибольшее количество разрешений на работу и патентов [19–21] на осуществление трудовой деятельности имели граждане Узбекистана и Таджикистана. Меньше всего – граждане Казахстана и Киргизии. В настоящее время законодательство жестко регулирует вопрос наличия у иностранных граждан документа, разрешающего им осуществлять трудовую деятельность на территории РФ. В первую очередь, в случае нарушения закона, на работодателя налагается штраф либо осуществляется приостановление деятельности [22].

Достаточно информативным, на наш взгляд, является то, что в 2018 г. на 1000 населения трудоспособного возраста в РФ сальдо внешней трудовой миграции составило 1,1 чел.; на 1000 лиц, имеющих статус рабочей силы, – 1,2 чел.; а на 1000 официально заявленных в службе занятости предприятиями и организациями потребностях в работниках (т.е. вакантные рабочие места) – 57 чел. Все показатели со знаком «+», так как в 2018 г. наблюдалось положительное сальдо внешней миграции [17].

Внешняя трудовая миграция – одна из основных экономических целей (один из мотивов) миграции, поэтому в органах официальной государственной статистики разработаны и внедрены периодические выборочные обследования. Так, каждые пять лет Федеральной службой государственной статистики планируется проводить

статистическое наблюдение за использованием труда мигрантов, в том числе внешних. Впервые оно было проведено в 2014 г. сейчас собирается и обрабатывается информация за 2019 г. [19–21].

Изучая влияние международной миграции на экономические показатели, можно выявить сильную зависимость значения уровня безработицы от миграционного прироста (на основе данных табл. 7) [23].

Для определения зависимости авторами использована регрессионная статистика пакета анализа данных Excel. Степень зависимости данных показателей в 2013–2018 гг., рассчитанная на основе парного коэффициента корреляции, превысила 0,75 (табл. 8).

В случае парной регрессии коэффициент детерминации равен квадрату коэффициента

корреляции R-квадрат = 0,5728. Его величина говорит о том, что 57,28% вариации уровня безработицы объясняется вариацией международного миграционного прироста.

Аналогично проведено исследование влияния международной миграции на общие показатели доходов населения (табл. 9). При увеличении значений международного миграционного прироста, показатели доходов населения снижаются. Если на значение ВВП на душу населения международная миграция оказывает слабое влияние ($R = -0,2$), то на реальную заработную плату влияние уже заметнее ($R = -0,34$). При этом наблюдается слабое влияние миграционного прироста на изменение реального ВВП ($R = 0,2$).

В заключение можно сказать, что сегодня остро стоит вопрос, связанный с проведе-

нием миграционной политики в РФ [24]. Как отмечают эксперты, повышение миграционной привлекательности регионов нашей страны должно рассматриваться как на уровне экономического, так и демографического развития. В связи с этим в данной работе были проведены исследования по двум данным направлениям. Миграционный прирост сохраняет одну из ведущих ролей в росте и составе населения нашей страны, однако в динамике его позиции из года в год ослабевают, так, если в 2016 г. по сравнению с 2015 г. он увеличился на 47,5%, то в 2017 г. снизился на 41,5%, а в 2018 г. уже на 40,1% по сравнению с предыдущим годом (табл. 7).

В процессе исследования выявлены основные экономические показатели, на которые оказывает влияние изменение международного миграционного прироста. Проведены расчеты, позволившие определить существенную зависимость уровня безработицы от миграционного прироста в 2013–2018 гг., при этом на реальный объем ВВП изменение миграционного прироста влияет слабо, немного сильнее наблюдается влияние международного миграционного прироста на изменение реального размера заработной платы в РФ. Разработаны меры миграционной политики [4, С. 62–64, среди которых отдельно можно выделить в области внешней миграции:

разработку, внедрение и регулярное дополнение нормативно-правовой, законодательной базы; регулярное привлечение и закрепление на территории РФ высококвалифицированной иностранной рабочей силы в активном трудоспособном возрасте; повышение набора абитуриентов-иностранцев в вузы РФ, а впоследствии, трудоустройство в российских компаниях перспективных выпускников-иностранцев, с предоставлением им российского гражданства; проведение регулярных мониторинговых исследований по оценке миграционной ситуации в стране; привлечение и внедрение средств на адаптацию мигрантов; упрощение процедур регистрации мигрантов и прочее.

Литература

1. Рыбаковский Л.Л., Кожевникова Н.И. Демография в России: этапы, особенности и возможности нейтрализации // Социально-трудовые исследования. 2019. №2 (35). С. 6–15.
2. Гришанова А.Г., Кожевникова Н.И., Рыбаковский Л.Л. Восточный вектор демографического развития России. М.: Издательство «Экон-Иформ», 2019. 159 с.
3. Рыбаковский Л.Л. Результативность как основной показатель оценки состояния и тенденций рождаемости // Социологические исследования. 2016. № 4. С. 23–30.
4. Демографическая ситуация в России: новые вызовы и пути оптимизации: национальный демографический доклад. Под ред. С.В. Рязанцева. М.: Издательство «Экон-Иформ», 2019. 79 с.
5. Рязанцев С.В. Интеграция мигрантов в контексте внешней миграционной политики России // Социологические исследования. 2018. № 1. С. 105–111.
6. Рязанцев С.В., Богданов И.Я., Храмова М.Н. Прогнозирование миграции в контексте формирования внешней миграционной политики России // Научное обозрение. Серия 1. Экономика и право. 2017. № 1. С. 5–12.
7. Рязанцев С.В., Письменная Е.Е. Результативность внешней миграционной политики России и подходы к оценке возможных объемов привлечения мигрантов // Научное обозрение. Серия 2. Гуманитарные науки. 2017. № 2. С. 5–12.
8. Архангельский В.Н. Помощь семьям с детьми в России: оценка демографической результативности // Социологические исследования. 2015. № 3. С. 56–64.
9. Региональные особенности демографического развития России в XXI веке. Под ред. Л.Л. Рыбаковского. М.: Издательство «Экон-Иформ», 2019. 162 с.

10. Топилин А.В., Воробьева О.Д., Максимова А.С., Гребенюк А.А., Лебедева Т.В. Территориальные сдвиги в размещении населения РФ и социально-экономическое развитие регионов / Под. ред. А.В. Топилин., О.Д. Воробьева. М.: Издательство «Креативная экономика». 2018. 168 с.
11. Гребенюк А.А. Типология последствий воздействия трудовой миграции на социально-экономическое развитие // Миграция и социально-экономическое развитие. 2018. Т. 2. № 2. С. 89–102.
12. Мурашева С.В. Влияние вынужденной миграции на принимающие регионы // Society and security insights. 2019. Т. 2. № 3. С. 98–110.
13. Волох В.А. Современная наука о проблемах адаптации и интеграции мигрантов // Социально-трудовые исследования. 2019. № 4 (37). С. 57–65.
14. Законопроект «О социальной и культурной адаптации и интеграции иностранных граждан в Российской Федерации». [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.fms.gov.ru/documentation/865/details/81610/> (Дата обращения 28.10.2019).
15. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии государственной национальной политики Российской Федерации на период до 2025 года» (с изменениями на 6 декабря 2018 года) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9023877360/> (Дата обращения 28.10.2019).
16. Карпова Н.С. Влияние трансграничной миграции на конкурентоспособность принимающих стран // Современная Европа. 2019. № 6 (92). С. 149–161.
17. Государственный доклад о положении детей и семей, имеющих детей, в Российской Федерации. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации [Электрон. ресурс].

Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/docs/1361>. 2018.

18. Миграция населения в России: тенденции, проблемы, пути решения. Социальный бюллетень. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. 2018.

19. Воробьева О.Д., Рыбаковский Л.Л. Доминанта миграционной политики современной России // Социологические исследования. 2017. № 8 (401). С. 59–65

20. Воробьева О.Д. Рынок труда и миграция. М.: МАКС Пресс, 2011. 76 с.

21. Воробьева О.Д., Топилин А.В., Гребенюк А.А., Лебедева Т.В. Трудовая миграция: организация выборочных наблюдений (методологические подходы). М.: Издательство «Экон-Информ», 2015. 83 с.

22. КоАП РФ Статья 18.15. Незаконное привлечение к трудовой деятельности в Российской Федерации иностранного гражданина или лица без гражданства [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/2246cf8e941435d58500dbd0d9425bf816dd957b/

23. Латынина Н.А., Латынин Д.А. Анализ и оценка влияния миграции в РФ на ВВП и безработицу // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2018. № 5 (31). С. 63–74.

24. Руденко Л.Г., Рязанов А.А., Соболев Т.С. и др. Потенциал и современные направления роста отечественной экономики. Монография. Под общей ред. Л. Г. Руденко. М.: МУ им. С. Ю. Витте. 2019. Ч. 1. 272 с.

References

1. Rybakovskiy L.L., Kozhevnikova N.I. Depopulation in Russia: stages, features and possibilities of neutralization. *Sotsial'no-trudovyye issledovaniya* = Social and Labor Studies. 2019; 2 (35): 6-15. (In Russ.)

2. Grishanova A.G., Kozhevnikova N.I., Rybakovskiy L.L. Vostochnyy vektor demograficheskogo razvitiya Rossii = Eastern vector of the demographic development of Russia. Moscow: Publishing house "Econ-Form"; 2019. 159 p. (In Russ.)

3. Rybakovskiy L.L. Efficiency as the main indicator of assessing the status and trends of fertility. *Sotsiologicheskiye issledovaniya* = Sociological studies. 2016; 4: 23-30. (In Russ.)

4. Demograficheskaya situatsiya v Rossii: novyye vyzovy i puti optimizatsii: natsional'nyy demograficheskiy doklad. Pod red. S.V. Ryazantseva = The demographic situation in Russia: new challenges and ways of optimization: national demographic report. Ed. S.V. Ryazantseva. Moscow: Publishing house "Econ-Form"; 2019. 79 p. (In Russ.)

5. Ryazantsev S.V. Integration of migrants in the context of Russia's foreign migration policy. *Sotsiologicheskiye issledovaniya* = Sociological studies. 2018; 1: 105-111. (In Russ.)

6. Ryazantsev S.V., Bogdanov I.YA., Khranova M.N. Migration forecasting in the context of the formation of the external migration policy of Russia. *Nauchnoye obozreniye. Seriya 1. Ekonomika i pravo* = Scientific Review. Series 1. Economics and Law. 2017; 1: 5-12. (In Russ.)

7. Ryazantsev S.V., Pis'mennaya Ye.Ye. The effectiveness of Russia's foreign migration policy and approaches to assessing the possible volumes of attracting migrants. *Nauchnoye obozreniye. Seriya 2. Gumanitarnyye nauki* = Scientific Review. Series 2. Humanities. 2017; 2: 5-12. (In Russ.)

8. Arkhangel'skiy V.N. Helping families with children in Russia: assessing demographic performance. *Sotsiologicheskiye issledovaniya* = Sociological Studies. 2015; 3: 56-64. (In Russ.)

9. Regional'nyye osobennosti demograficheskogo razvitiya Rossii v XXI veke. Pod red. L.L. Rybakovskogo = Regional features of the demographic development of Russia in the XXI century. Ed. L.L. Rybakovsky. Moscow: Econ-Form Publishing House; 2019. 162 p. (In Russ.)

10. Topilin A.V., Vorob'yeva O.D., Maksimova A.S., Grebenyuk A.A., Lebedeva T.V. Territorial'nyye sdvigi v razmeshchenii naseleniya RF i sotsial'no-ekonomicheskoye razvitiye regionov / Pod. red. A.V. Topilin., O.D. Vorob'yeva = Territorial shifts in the distribution of the population of the Russian Federation and the socio-economic development of regions / Ed. A.V. Topilin., O.D. Vorobyov. Moscow: Publishing house "Creative economy". 2018. 168 p. (In Russ.)

11. Grebenyuk A.A. A typology of the effects of labor migration on socio-economic development. *Migratsiya i sotsial'no-ekonomicheskoye razvitiye* = Migration and socio-economic development. 2018; 2; 2: 89-102. (In Russ.)

12. Murasheva S.V. The Impact of Forced Migration on Host Regions. *Society and security insights* = Society and security insights. 2019; 2; 3: 98-110. (In Russ.)

13. Volokh V.A. Modern science about the problems of adaptation and integration of migrants. *Sotsial'no-trudovyye issledovaniya* = Social and labor research. 2019; 4 (37): 57-65. (In Russ.)

14. Zakonoproekt «O sotsial'noy i kul'turnoy adaptatsii i integratsii inostrannykh grazhdan v Rossiyskoy Federatsii» = The bill "On social and cultural adaptation and integration of foreign citizens in the Russian Federation" [Internet]. Available from: <http://www.fms.gov.ru/documentation/865/derails/81610/> (cited 28.10.2019). (In Russ.)

15. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii «O Strategii gosudarstvennoy natsional'noy politiki Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda» (s izmeneniyami na 6 dekabrya 2018 goda) = Decree of the President of the Russian Federation "On the Strategy of State National Policy of the Russian Federation for the period until 2025" (as amended on December 6, 2018) [Internet]. Available from:

<http://docs.cntd.ru/document/9023877360/> (cited 28.10.2019).

16. Karpova N.S. V The impact of cross-border migration on the competitiveness of host countries. *Sovremennaya Yevropa = Modern Europe*. 2019; 6 (92): 149-161. (In Russ.)

17. Gosudarstvennyy doklad o polozhenii detey i semey, imeyushchikh detey, v Rossiyskoy Federatsii. Ministerstvo truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii = State report on the situation of children and families with children in the Russian Federation. Ministry of labor and social protection of the Russian Federation [Internet]. Available from: <https://rosmintrud.ru/docs/1361>. 2018. (In Russ.)

18. Migratsiya naseleniya v Rossii: tendentsii, problemy, puti resheniya. Sotsial'nyy byulleten' = Migration of the population in Russia: trends, problems, solutions. Social Newsletter. Moscow: Analytical Center under the Government of the Russian Federation. 2018. (In Russ.)

19. Vorob'yeva O.D., Rybakovskiy L.L. The dominant migration policy of modern Russia. *Sotsiologicheskiye issledovaniya = Sociological studies*. 2017; 8 (401): 59-65. (In Russ.)

20. Vorob'yeva O.D. Rynok truda i migratsiya = Labor market and migration. Moscow: MAKSPress; 2011. 76 p. (In Russ.)

21. Vorob'yeva O.D., Topilin A.V., Grebenyuk A.A., Lebedeva T.V. Trudovaya

migratsiya: organizatsiya vyborochnykh nablyudeni (metodologicheskiye podkhody) = Labor migration: the organization of sample observations (methodological approaches). Moscow: Econ-Inform Publishing House; 2015. 83 p. (In Russ.)

22. KoAP RF Stat'ya 18.15. Nezakonnoye privlecheniye k trudovoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii inostrannogo grazhdanina ili litsa bez grazhdanstva = Administrative Code of the Russian Federation Article 18.15. Illegal involvement in labor activity in the Russian Federation of a foreign citizen or stateless person [Internet]. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/2246cf8e941435d58500dbd0d9425bf816dd957b/ (In Russ.)

23. Latynina N.A., Latynin D.A. Analysis and assessment of the impact of migration in the Russian Federation on GDP and unemployment. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya = Innovative economy: prospects for development and improvement*. 2018; 5 (31): 63-74. (In Russ.)

24. Rudenko L. G., Ryazanov A. A., Sobol' T.S. i dr. Potentsial i sovremennyye napravleniya rosta otechestvennoy ekonomiki. Monografiya. Pod obshchey red. L. G. Rudenko = Potential and modern directions of growth of the domestic economy. Monograph. Under the general ed. L.G. Rudenko. Moscow: MU them. S. Yu. Witte. 2019. Part 1. 272 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ирина Юрьевна Глебкова

К.э.н., доцент

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Россия.

Эл. почта: rv125gi@yandex.ru

Татьяна Александровна Долбик-Воробей

К.э.н., доцент

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Россия.

Эл. почта: tadolbikvorobey@fa.ru

Information about the authors

Irina I. Glebkova

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the Accounting, Analysis and Audit Department
Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: rv125gi@yandex.ru

Tatyana A. Dolbik-Vorobey

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the Accounting, Analysis and Audit Department
Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: tadolbikvorobey@fa.ru

Опыт сценарного прогнозирования численности населения стран Африки южнее Сахары*

Цель. В Африке южнее Сахары эксперты-демографы ООН ожидают приблизительно удвоения населения за ближайшие 30 лет (с 2020 к 2050 году); население региона увеличится более чем на 1 млрд человек. Подобная скорость и масштаб демографических изменений, вне всякого сомнения, будут иметь глобальные последствия. Цель работы — рассчитать ряд сценариев демографического будущего стран региона, учитывающих демографическую специфику африканских стран (в отличие от прогнозов ООН), оценить различие между разными сценариями для каждой страны и достижимость «оптимистического» сценария.

Материалы и методы. Была разработана методика сценарного прогнозирования численности населения и использована для ряда стран региона. Во всех сценариях динамика смертности соответствовала «среднему» прогнозу ООН. Для динамики рождаемости моделировались следующие сценарии: оптимистический (снижение рождаемости до 2,1 ребенка на женщину в течение 20 лет, опыт снижения рождаемости такими и даже большими темпами имеется у Ирана, в Африке к нему близки Руанда и отчасти Эфиопия) и инерционный (для стран, где рождаемость снижалась в 2005–2015 гг., моделировалось продолжение ее снижения с той же скоростью; для стран, где рождаемость «застыла», моделировались два варианта снижения рождаемости со скоростью 0,1 ребенка на женщину в год — один вариант предполагал немедленное начало снижения, во втором варианте снижение начиналось через 10 лет).

Результаты показывают, что все без исключения сценарии, даже «оптимистический» предполагают колоссальное увели-

чение численности населения во всех рассмотренных странах (Мозамбик, Нигер, Нигерия, Танзания, Уганда, Эфиопия) в течение предстоящих 30 лет. Это связано с тем, что из-за медленного снижения рождаемости (или же вовсе довольно длительных периодов отсутствия ее снижения) на фоне значительных успехов в снижении смертности, особенно младенческой и детской, во многих странах региона накоплена колоссальная демографическая инерция (для расчета ее масштабов в работе рассчитан еще один дополнительный «условный» сценарий). Расчеты показывают колоссальную разницу между вариантами «инерционного» сценария, с одной стороны, и «оптимистическим» сценарием, с другой, которая порой достигает или даже превышает текущую численность населения страны. Это подчеркивает важность усилий правительств по снижению темпов роста населения — результативность же таких усилий наглядно показывает эфиопский кейс.

Заключение. Только в Эфиопии «инерционный» и «оптимистический» сценарии почти совпадают — благодаря усилиям по снижению темпов роста населения, предпринимаемым здесь с начала 1990-х гг.; за 2005–2015 г., к примеру, рождаемость здесь снизилась на 1,3 ребенка на женщину. Это доказывает, что достижение «оптимистического» сценария вполне возможно в африканских странах, хотя и потребует значительных и сконцентрированных усилий.

Ключевые слова: демографические прогнозы, сценарные прогнозы, демографические сценарии, Африка южнее Сахары, демографическая инерция, снижение рождаемости.

Yuliya V. Zinkina^{1,2}, Sergey G. Shulgin¹

¹ Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Scenario Forecasts of Population Dynamics in Some Countries of Sub-Saharan Africa

Purpose. In Sub-Saharan Africa, UN demographers expect the population to nearly double over the next 30 years (2020–2050), increasing by more than 1 billion people. Demographic changes of such speed and scale will undoubtedly have global implications. The purpose of the work is to calculate a number of scenarios of the demographic future for some countries of the region, taking into account specific features and events of African recent demographic history (in contrast to the UN forecasts). We also aim to assess the difference between various scenarios for each country and the attainability of the “optimistic” scenario.

Materials and methods. We develop scenario forecasts for population dynamics in a number of African countries. In all scenarios, mortality dynamics corresponds to the “medium” UN forecast. For the birth rate dynamics, two scenarios were simulated: the optimistic one (birth rate goes from current rates to 2.1 children per woman in 20 years, which was observed in Iran; Rwanda and

Ethiopia are more or less close to this scenario) and the inertial one (for countries where birth rate declined in 2005–2015, this decline was simulated to continue at the same rate; for countries where birth rate “froze”, two options were modeled; both projected birth rate decline at 0.1 child per woman annually, either starting immediately or after another 10 years).

The results show that all scenarios, even the “optimistic” one, forecast a huge population increase in all countries considered (Mozambique, Niger, Nigeria, Tanzania, Uganda, Ethiopia) over the next 30 years. Slow birth rate decline (or prolonged “stagnation” at high levels) parallel to successful mortality reduction (especially in infants and children) accumulated enormous demographic inertia in many countries of Sub-Saharan Africa (to calculate its scope, an additional “provisional” scenario was calculated in the work). The difference between the “inertial” and the “optimistic” reaches the size or even sometimes exceeds the current population of the country.

*Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант №17-78-20096

This underlines the importance of the governments' efforts to curb population growth. Ethiopia proves such efforts.

Conclusion. Only in Ethiopia the "inertial" and "optimistic" scenarios almost coincide thanks to demographic growth-reducing efforts undertaken there since the early 1990s; thus, in 2005–2015 the birth rate decreased by 1.3 children per woman. This proves that

achieving an "optimistic" scenario is possible in African countries, although with considerable and concentrated efforts.

Keywords: demographic forecasts, scenario forecasts, demographic scenarios, Sub-Saharan Africa, demographic inertia, birth rate decline.

Введение

В Африке южнее Сахары эксперты-демографы ООН ожидают приблизительно удвоения населения за ближайшие 30 лет (с 2020 к 2050 году); население региона увеличится более чем на 1 млрд человек [1]. Подобная скорость и масштаб демографических изменений, вне всякого сомнения, будут иметь глобальные последствия. Цель работы — рассчитать ряд сценариев демографического будущего стран региона, учитывая демографическую специфику африканских стран (в отличие от прогнозов ООН), оценить различие между разными сценариями для каждой страны и достижимость «оптимистического» сценария.

Изучение различных траекторий возможного демографического будущего стран региона является весьма актуальной задачей, поскольку демографический рост тесно связан с экономическим ростом и развитием. В последние годы появился целый ряд работ, делающих акцент на оптимистических явлениях и тенденциях в развитии стран региона и оценивающих эти явления как некую «смену вех» после стагнации 90-х годов и начала XXI века [2–6]. Зачастую влияние демографических факторов на будущее развитие стран региона также оценивается оптимистически — дело в том, что если африканские страны будут следовать тому паттерну снижения рождаемости, по которому происходила вторая фаза демографического перехода в большинстве стран развивающегося мира за пределами Африки, то многочисленное поколение, находящееся сейчас в детских

возрастах 0–14 лет (которое во многих странах Африки по численности превосходит поколение своих родителей как минимум вдвое, а нередко и больше), по мнению многих экспертов, сможет принести этим странам «демографический дивиденд», когда войдет в трудоспособные возраста [2–4] — поскольку рождаемость к тому времени, как предполагается, существенно снизится, и страны будут иметь низкий коэффициент демографической нагрузки на многочисленное трудоспособное население. Подобные надежды на явление «демографического дивиденда» можно понять — ведь было показано, что именно оно сыграло значительную роль в феномене подъема «азиатских тигров» (обусловив примерно 1/3 их роста в период «экономического чуда») [7–9].

Из-за отставания в демографическом переходе, позднего (относительно других развивающихся регионов) начала т.н. «перехода рождаемости» и заметно более низких темпов снижения рождаемости демографическая ситуация в африканских странах была практически полной противоположностью условиям, необходимым для получения «дивиденда» (в частности, сохранялась чрезвычайно высокая демографическая нагрузка детьми). По мнению экспертов, именно этим было в значительной степени обусловлено столь серьезное отставание Африки южнее Сахары от других развивающихся регионов в последние десятилетия XX века — согласно их расчетам, демографические факторы «ответственны» примерно за 2/3 отставания в экономическом развитии [10, 11]. Од-

нако предполагается, что по мере снижения рождаемости Африка придет к условиям, необходимым для получения «дивиденда».

Разумеется, «дивиденд» не «выдается» стране автоматически при одном лишь наличии определенной возрастной структуры — для этого необходимы и качественные институты, не только экономические, но также политические и социальные; достаточный уровень человеческого капитала, в частности, образования и навыков у населения трудоспособных возрастов, особенно молодежи; способность рынка труда генерировать достаточное число новых рабочих мест и другие условия [12–14].

Однако значительно реже применительно к Африке южнее Сахары рассматривается перспектива не получить «дивиденд» в связи с тем, что не будет достигнута необходимая для него возрастная структура. Практически все исследования развития, касаясь вопросов демографического будущего региона, опираются на демографические прогнозы Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН, которые строятся на относительно универсальных паттернах и гипотезах и не полностью учитывают специфику африканских стран. В то же время, многие страны региона с середины 90-х как минимум до середины 2000-х переживали период, в течение которого рождаемость прекратила снижаться, оставаясь при этом на очень высоком уровне (зачастую более 5 детей на женщину). Это явление привлекло внимание ряда демографов [15–18], но зачастую не учитывается в работах, по-

священных перспективам развития Африки.

Для того, чтобы полнее показать спектр возможных сценариев демографического будущего с учетом специфики африканских стран (более медленных темпов снижения рождаемости, возможности продолжения периода отсутствия снижения рождаемости) в работе рассматриваются два варианта «инерционного» сценария и один вариант «оптимистического» сценария снижения рождаемости. Различия в прогнозных значениях численности населения для выбранных африканских стран по различным сценариям позволит сделать некоторые выводы относительно влияния демографического фактора на перспективы развития стран.

Текущий и прогнозируемый взрывообразный рост населения Африки южнее Сахары: причины и последствия

Африка южнее Сахары остается к настоящему времени единственным макрорегионом мира, где практически во всех странах продолжается чрезвычайно быстрый рост населения — согласно последней серии прогнозов численности населения стран и регионов мира, выполненной Отделом народонаселения ООН в 2019 г., население Африки южнее Сахары практически удвоится за ближайшие 30 лет — с почти 1,1 млрд чел. в 2020 г. (оценка ООН) до более 2,1 млрд чел. в 2050 году [1].

Сам факт «демографического взрыва» — чрезвычайно быстрого роста населения — не является беспрецедентным, и в той или иной степени был характерен для всех регионов в процессе осуществления ими демографического перехода, который, напомним, может рассматриваться как часть общего модернизационного перехода человечества

и представляет собой переход от традиционного режима воспроизводства, с его высокими показателями и смертности, и рождаемости, к современному режиму с низкой смертностью населения и низкой рождаемостью. Поскольку вторая фаза перехода — снижение рождаемости — как правило, наступает с определенным запаздыванием после первой фазы, общество проходит через такой период, когда показатели смертности уже заметно снизились, а рождаемость все еще высока и близка к традиционным значениям; наложение этих двух факторов и порождает чрезвычайно быстрый рост населения в этот период (пока рождаемость не начнет заметно снижаться) [19]. Первыми через этот феномен прошли европейские страны: на протяжении XIX в. население Европы как минимум удвоилось — так, по расчетам К. МакЭведи и Ч. Джоунса, оно увеличилось со 180 до 390 млн человек [20, р. 18]. С учетом же колоссального миграционного оттока из Европы в различные поселенческие колонии это увеличение окажется еще большим — согласно расчетам А. Мэддисона, население Большой Европы (Европы, России и переселенческих колоний и территорий в Северной и Южной Америке, а также Океании) возросло с 257 млн в 1820 г. до 689 млн в 1913 [21]. Однако западноевропейский «демографический взрыв» XIX века по масштабам в разы уступает текущему взрывообразному росту населения в Африке южнее Сахары — если в первом случае речь шла об увеличении примерно в 2,7 раза за почти столетний период, то во втором случае предполагается удвоение населения всего за 30 лет. Подобная скорость и масштаб демографических изменений, вне всякого сомнения, будут иметь глобальные последствия. Эти обстоятельства делают изучение данного феномена весьма

актуальным — в части причин данного явления; возможных сценариев развития демографической ситуации; ее влияния на перспективы развития стран региона; рисков, связанных с такими темпами роста населения (и в абсолютном, и в относительном выражении этого роста); способов снижения этих рисков и многих других аспектов.

Говоря о причинах текущего взрывообразного роста населения в регионе, следует в первую очередь выделить факт отсутствия снижения рождаемости во многих африканских странах южнее Сахары на протяжении второй половины 90-х гг. и значительной части первого десятилетия XXI века. Прогнозы динамики численности стран региона до 2050 г., сделанные специалистами ООН во второй половине 1990-х гг., были основаны на предположении, что к 2050 г. рождаемость во всех странах мира, включая страны Тропической Африки, опустится до уровня 2,1 ребенка на женщину, соответствующего режиму простого воспроизводства населения. Однако стагнация рождаемости на высоком уровне во многих странах вынудила соответствующий департамент ООН пересмотреть прогнозы, практически все — в сторону существенного увеличения прогнозных значений.

Сравнение серий прогнозов ООН, выполненных в 2019 г. и 2000 г. соответственно, позволяет получить представление о масштабе демографической инерции, накопленной из-за замедления или отсутствия снижения рождаемости, которая к тому же на момент прекращения снижения в большинстве этих стран была очень высокой (зачастую около 5 детей на женщину, в некоторых странах — еще выше). К примеру, прогноз по Нигерии увеличился на 120 млн человек к 2050 г., с 280 млн до 400 млн., а прогнозируемая к 2050 г. чис-

ленность населения Танзании и вовсе удвоилась (с 60 до 130 млн). Причем в данном случае сравниваются два «средних» варианта прогноза — в «высоких» вариантах эти числа будут заметно больше. Все крупные страны региона (кроме ЮАР) ожидают колоссальный рост численности населения к 2050 г. по сравнению со значениями 2020 г. — он прогнозируется в Нигерии (на 200 млн человек), в ДРК (на 105 млн), Эфиопии (на 90,5 млн человек), Танзании (на 70 млн), Анголе (на 45 млн), Уганде (на 44 млн) и Нигере (на 41 млн).

Уже сейчас демографическое давление упоминается в качестве важнейшего вызова развитию аграрного сектора в регионе: «растущая плотность населения создает нагрузку на землю, пастбища и лесные ресурсы в определенных районах и таким образом создает напряжение, которое может ухудшить обстановку и стать источником конфликта, как это уже наблюдалось в Руанде, Кот-д'Ивуаре, Кении или Дарфуре» [22, р. 3]; «неизбежный рост населения Африки южнее Сахары в ближайшие 40 лет усложнит сельскохозяйственные решения, разработанные для сегодняшних проблем. Даже если предположить, что рождаемость будет непрерывно снижаться, число людей, которых нужно прокормить, более чем удвоится к 2050 году» [23, р. 182].

Все это обуславливает целесообразность исследования спектра сценариев дальнейшего демографического развития региона и потенциала дальнейшего воздействия демографических факторов на развитие африканских стран.

Подход ООН к прогнозированию численности населения стран Африки южнее Сахары

Выше по тексту, говоря о прогнозных значениях численности населения африканского

региона или той или иной конкретной страны, мы использовали прогнозы, рассчитанные Департаментом по экономическим и социальным вопросам ООН — это наиболее известная в научном и научно-практическом мире серия регулярно (1 раз в 2 года) обновляемых прогнозов численности населения, половозрастной пирамиды и ряда демографических показателей, рассчитываемая специалистами ООН для каждой страны и региона мира.

Однако нельзя не отметить некоторые ограничения, проистекающие из самой методологии расчета таких прогнозов. Действительно, основой методологического подхода к расчету прогнозов для всех стран является расчет фиксированного набора «вариантов» (так называемые «высокий», «средний» и «низкий» варианты, выше все значения приводились по «среднему» варианту прогноза). «Средний» сценарий рассчитывается на основе функциональных зависимостей или базовых паттернов, в соответствии с которыми эксперт подбирает параметры прогнозной динамики того или иного демографического показателя в стране. «Высокий» и «низкий» идентичны «среднему» в части расчета показателей ОПЖ, а в части расчета показателей рождаемости отличаются от него на +0,5 и -0,5 ребенка на женщину соответственно [24].

Ограничение применимости такого подхода для африканских стран стало очевидным, когда применение типичных функциональных зависимостей и базовых паттернов оказалось «неспособным» учесть длительный период прекращения снижения рождаемости в самом начале второй фазы демографического перехода. Более того, текущий «средний» сценарий, хотя и был существенно скорректирован, чтобы учесть накопленную за тот период демографическую инерцию и возросшую

численность детских и молодежных групп населения, все равно предполагает выход всех стран на универсальную траекторию снижения рождаемости (хотя и несколько отличную по параметру, к примеру, скорости такого снижения).

Соответственно, такая методика расчета не позволяет использовать полученные прогнозы для получения ответов на ключевые практические вопросы, поскольку не моделируют ряд возможных сценариев демографического будущего — к примеру, какой будет динамика численности населения и его половозрастной структуры и какие последствия это может иметь для развития, если «застывание» рождаемости продолжится в течение еще 10–15 лет, или же рождаемость будет снижаться отнюдь не так быстро, как предполагает траектория, смоделированная на опыте развивающихся стран из других регионов, или же она снизится до относительно высокого уровня, заметно выше уровня простого воспроизводства (2,1 ребенка на женщину) и «остановится» на этом уровне? Или, напротив, какова будет демографическая динамика и ее влияние на развитие, если страна поставит себе целью планомерное снижение рождаемости и добьется в этом успеха? Ярким примером быстрого снижения рождаемости в развивающемся мире является Иран (с 6,2 ребенка на женщину в 1985 году до 2,07 в 2000 г.).

В связи с этим, представляется целесообразным рассчитывать такие сценарные прогнозы, которые бы учитывали перечисленные выше варианты демографического будущего.

Методика расчета сценарных прогнозов демографической динамики для страны Африки южнее Сахары

За основу взята методика построения демографической проекции с помощью модели

передвижки возрастов. Расчет ведется по годам. Перед началом расчётов для каждого года, для которого оценивается демографическая проекция, вычисляются возрастные структуры смертности для мужчин и женщин в соответствии с выбранным сценарием. С учетом вычисленных сценарных возрастных коэффициентов смертности для каждого года оцениваются таблицы смертности — отдельно для мужчин и женщин. Аналогично, используя текущие статистические данные о возрастной структуре рождаемости женщин в соответствии с выбранным сценарием, вычисляются возрастные структуры рождаемости для каждого года, для которого оценивается демографическая проекция. Также с учетом выбранного сценария для каждого года вычисляются половозрастные коэффициенты миграции.

На первом шаге с использованием начальной возрастной структуры и коэффициентов (L_x) из таблиц смертности (оцененных по сценарным возрастным коэффициентам смертности соответствующего года), для каждой возрастной группы вычисляется, какая доля переходит в следующий период и следующий возрастной интервал. Соответственно расчету модифицируется возрастная структура следующего периода, и оцениваются среднегодовые значения численности для каждой возрастной группы для мужчин и женщин. Полученные среднегодовые значения численности используются для оценки новорожденных (на 2-м шаге) и для оценки миграционного притока/оттока (на 3-м шаге).

На втором шаге, используя среднегодовые значения численности женщин в возрастах от 15 до 55 лет и сценарные значения возрастных коэффициентов рождаемости, вычисляется общее число новорожденных. По данным текущей статистики оценивается доля мальчиков и девочек среди новорожденных,

и эта доля используется для оценки числа новорожденных мальчиков и девочек.

На третьем шаге, с использованием среднегодовой численности отдельных возрастных групп (отдельно для мужчин и женщин) и сценарных значений половозрастных коэффициентов миграции оценивается миграционный приток или отток для каждой возрастной группы.

На четвертом шаге, возрастная структура сдвигается «вниз» на год, полученные оценки количества новорожденных записывается в 0-ю возрастную группу, также в каждую половозрастную группу добавляется полученные оценки соответствующего миграционного притока/оттока. Для каждого следующего года расчет повторяется (в том же порядке, шаги 1–4).

В качестве начальной точки данных берется половозрастная структура согласно последним имеющимся данным.

Наибольший интерес представляют собственно условия выбранных сценариев. Во всех сценариях динамика смертности соответствовала «среднему» прогнозу ООН. Для динамики рождаемости моделировались два сценария:

а) Инерционный сценарий моделировался в двух вариантах. Для стран, где рождаемость снижалась, пусть и относительно небыстро, предполагалось, что этот процесс будет продолжаться с неизменной скоростью, наблюдавшейся в последние 10 лет; такой прогноз был рассчитан для Эфиопии, Танзании и Уганды. Для стран, где за последние 10 лет перед базовым годом (2015 год) рождаемость не снижалась, такой вариант расчета не имел большого смысла, и потому он был несколько модифицирован: для стран, на момент расчета прогнозов еще не преодолевших «застывание» уровня рождаемости и не возобновивших ее снижение (Мозамбик, Ниге-

рия) или не вступивших на тот момент в переход рождаемости (Нигер), в инерционном сценарии моделировалось два варианта: 1) сохранение текущего уровня рождаемости («плато») на протяжении 10-летнего периода, за которым следует период медленного (на 0,1 ребенка на женщину в год) снижения рождаемости до отметки в 2,1 ребенка на женщину и 2) аналогичный сценарий, но без «лага» (рождаемость начинает снижаться указанными темпами с первого же прогнозного года). Подобные темпы можно было бы считать чересчур низкими — в других развивающихся странах такие темпы могли наблюдаться в начале второй фазы демографического перехода, однако затем снижение рождаемости ускорялось. Однако они достаточно типичны для региона в последнее время — возможно, в силу «пронаталистских» установок, представляющих собой сложный конструкт норм и практик репродуктивного поведения, а также социальных норм и практик, связанных с рождаемостью и воспитанием детей, восходящих как минимум отчасти к традиционной системе хозяйствования, которая в Африке имеет ряд существенных отличий от других регионов мира [25]. Это лишь подчеркивает важность расчета такого инерционного сценария, который наглядно покажет, какой рост численности населения ожидает рассматриваемые страны, если переход рождаемости не ускорится.

б) Оптимистический сценарий предполагает снижение до значения СКР 2,1 в течение 20 лет (смоделирован по образцу Ирана).

Результаты расчета и обсуждение сценарных прогнозов численности населения отдельных стран

Результаты прогнозных расчетов общей численности населения выбранных стран

(Мозамбика, Нигера, Нигерии, Танзании, Уганды и Эфиопии) согласно описанным выше сценариям представлены в табл. 1 в сопоставлении с прогнозными значениями численности населения этих же стран согласно «среднему» прогнозу ООН.

Первый результат, бросающийся в глаза — все без исключения сценарии предполагают колоссальное увеличение численности населения во всех рассмотренных странах в течение предстоящих 30 лет. Даже «оптимистический» сценарий, в который заложены одни из самых высоких темпов снижения рождаемости, когда-либо зафиксированные в странах развивающегося мира в ходе второй фазы демографического перехода, приводит почти все страны почти к удвоению населения за три десятилетия — за исключением Нигерии, где при таком сценарии население возрастет «всего» в полтора раза, а также Эфиопии (в 1,66 раза).

Относительно Эфиопии следует отметить, что численность населения по «инерционному» сценарию оказывается во всех трех точках несколько ниже, чем по «оптимистическому». Это происходит из-за того, что в «оптимистический» сценарий заложен стандартный паттерн снижения рождаемости в ходе второй фазы демографического перехода, при котором в начале снижения происходит относительно медленно, постепенно все больше набирая темп и «разгоняясь». В Эфиопии же в последнее десятилетие снижение рождаемости уже происходило достаточно быстрыми темпами, поскольку эта страна, одна из немногих в регионе, довольно заметно продвинулась в переходе рождаемости. Хотя Эфиопия (даже по сравнению с другими африканскими странами) вступила в этот процесс довольно поздно, лишь в начале 90-х гг., к тому же уровень рождаемости в стране на тот момент был очень высоким (оценки разнятся от 7,1 до 7,7 ребенка на жен-

щину), но в начале 90-х столь высокие значения рождаемости и колоссальный темп роста населения были признаны в качестве угрозы развитию Эфиопии на уровне руководства страны. В 1993 году была принята Национальная программа Эфиопии по народонаселению, одной из первоочередных целей которой стало замедление роста населения страны [26], и на эту цель постоянно направляются усилия. В результате за 2005–2015 г., по данным Всемирного банка, суммарный коэффициент рождаемости в этой стране снизился почти на 1,3 ребенка на женщину — с 5,812 до 4,565 [27]. При сохранении таких темпов Эфиопии понадобится менее 20 лет для выхода на уровень 2,1 ребенка на женщину — таким образом, среди всех отобранных нами стран она представляет собой единственный кейс, где снижение рождаемости инерционными темпами обгоняет ее снижение по «оптимистическому» сценарию.

Таблица 1

Прогнозная численность населения некоторых стран Африки южнее Сахары согласно описанным выше сценариям в 2030, 2040 и 2050 гг. в сравнении со «средним» сценарием ООН

Страна и текущая численность населения (на 2020 год)	Сценарий	2030	2040	2050
Мозамбик 31255 тыс. чел.	Инерционный 1 (медленное снижение сразу)	42510	53304	62800
	Инерционный 2 (медленное снижение после 10 лет «плато»)	44176	57492	71054
	«Средний» ООН	41185	52729	65313
	Оптимистический	40555	46997	53909
Нигер 24207 тыс. чел.	Инерционный 1 (медленное снижение сразу)	34962	49493	67167
	Инерционный 2 (медленное снижение после 10 лет «плато»)	36316	53172	75386
	«Средний» ООН	34846	48746	65593
	Оптимистический	31621	37330	43612
Нигерия 206140 тыс. чел.	Инерционный 1 (медленное снижение сразу)	266177	331398	391822
	Инерционный 2 (медленное снижение после 10 лет «плато»)	276341	356748	442506
	«Средний» ООН	262977	329067	401315
	Оптимистический	252499	286658	323419
Танзания 59734 тыс. чел.	Инерционный (снижение текущими темпами)	87117	117788	155618
	«Средний» ООН	79163	102587	129387
	Оптимистический	80225	94326	109337
Уганда 45741 тыс. чел.	Инерционный (снижение текущими темпами)	66495	89089	114072
	«Средний» ООН	59438	74455	89447
	Оптимистический	61593	72475	84416
Эфиопия 114964 тыс. чел.	Инерционный (снижение текущими темпами)	140751	161964	185444
	«Средний» ООН	144944	175466	205411
	Оптимистический	143185	166221	190648

Чрезвычайно важный результат, имеющий практическое значение — расчеты показывают колоссальную разницу между вариантами «инерционного» сценария, с одной стороны, и «оптимистическим» сценарием, с другой (кроме Эфиопии, у которой численность населения по этим двум сценариям почти совпадает — по причинам, описанным выше). К примеру, у Мозамбика разница между этими сценариями к 2050 году составляет от 9 млн (при немедленном начале снижения рождаемости) до более 17 млн (если рождаемость сохранит свои текущие значения на протяжении еще 10-летнего периода, и начнет снижаться лишь после этого) — во втором случае разница составляет более половины текущего значения численности населения этой страны. В абсолютном выражении самых больших значений разница между сценариями достигает к 2050 году у Нигерии, самой крупной страны континента — от почти 70 до почти 120 млн человек. В относительном выражении весьма тревожной является ситуация в Нигере, где по состоянию на середину 2010-х отсутствовали признаки начала второй фазы демографического перехода вообще, не говоря уже о признаках устойчивого тренда на снижение рождаемости в этой стране. Подобное отставание «обходится» Нигеру в значительную разницу между сценариями — от более 24 до почти 33 млн человек. В абсолютном выражении эта разница значительно меньше, чем в Нигерии — однако следует понимать, что эта разница как минимум равна или заметно превышает текущее значение численности населения Нигера, который по многим показателям развития оказывается в на последних местах в мировых рейтингах. Лишь незначительно отстает эта разница от текущей численности населения у Танзании; у Уганды она составляет

две трети текущего населения страны. Это подчеркивает важность усилий правительств по снижению темпов роста населения — результативность же таких усилий наглядно показывает эфиопский кейс.

Следует отметить, что для Мозамбика, Нигера и Нигерии «средний» прогноз ООН оказывается намного ближе к варианту инерционного прогноза, предполагающему немедленное начало снижения рождаемости относительно медленными темпами, чем к прогнозу «оптимистическому». Однако следует понимать, что демографическое развитие по этой траектории не является ни гарантированным, ни даже наиболее вероятным — правительствам этих стран (и других стран региона со сходной демографической динамикой в последние 20–30 лет) следует предпринимать усилия, чтобы установить причины «застывания» показателей рождаемости на высоком уровне и содействовать их снижению (разница между сценарием немедленного начала снижения рождаемости, пусть и медленными темпами, и сценарием снижения рождаемости аналогичными темпами, но с еще 10-летним запозданием хоть и не столь колоссальна, как между «инерционными» и «оптимистическим» сценарием, но достигает 8 млн для Нигера, 10 млн для Мозамбика и примерно 50 млн для Нигерии).

Возвращаясь к вопросу о том, что все без исключения сценарии предполагают колоссальное увеличение численности населения во всех рассмотренных странах в течение предстоящих 30 лет — это связано с тем, что из-за медленного снижения рождаемости (или же вовсе довольно длительных периодов отсутствия ее снижения) на фоне значительных успехов в снижении смертности, особенно младенческой и детской, во многих странах региона уже накоплена колоссальная демографическая инерция. Это означает, что даже при таком абсолютно условном сценарии, когда рождаемость уже в следующем году после базового года прогноза снизилась до значения 2,1 ребенка на женщину, обеспечивающего не расширенное, а простое воспроизводство населения, его численность все равно бы значительно выросла, поскольку поколение детей и молодежи, вступающих в репродуктивные возрасты, значительно превышает по численности свое родительское поколение. Результаты моделирования такого «условного» сценария, показывающие масштаб накопленной инерции через сравнение текущей численности населения и «минимальной» численности населения, которой страны достигнут к 2050 году при значении суммарного коэффициента рождаемости 2,1 ребенка

Таблица 2

Расчетная численность населения в 2050 году при суммарном коэффициенте рождаемости 2,1 ребенка на женщину на протяжении всего прогнозного периода в некоторых странах Африки южнее Сахары (численность населения в 2020 году приводится для сравнения)

Страна	Население в 2020 году	Минимальное прогнозное население в 2050 году
Мозамбик	31255	42145
Нигер	24207	30948
Нигерия	206140	250579
Танзания	59734	86193
Уганда	45741	63621
Эфиопия	114964	157181

на протяжении 2020–2050 гг. (см. табл. 2).

Напомним, что сценарные прогнозы имеют принципиальное отличие от прогнозов вероятностных. Параметры, заданные в данном сценарии, носят исключительно условный характер, оценивать вероятность реализации такого сценария на практике не имеет смысла. Его цель иная — проведение расчетов по заданным условиям сценария позволяет оценить самый нижний предел диапазона прогнозных значений численности населения — иначе говоря, тот прирост населения, который является неизбежным при любой траектории рождаемости. Он, безусловно, окажется выше (напомним — сценарий условный, ни одна из вероятных траекторий рождаемости такого ее падения не предполагает), но числа в табл. 2 наглядно показывают масштаб накопленной к данному моменту демографической инерции.

Заключение

Прогнозные расчеты для всех рассмотренных в статье африканских стран показывают колоссальную разницу в прогнозных значениях численности населения согласно «инерционному» и «оптимистическому» сценариям. Полученные результаты подчеркивают важность осознания демографического давления и рисков, сопряженных с «инерционным» сценарием — рост в 2, а для многих стран и 2,5 и более раза за всего лишь 30-летний период времени практически неминуемо приведет к существенному обострению многих проблем, связанных с нагрузкой на социальную инфраструктуру (в первую очередь, здравоохранную и образовательную) и на рынок труда этих стран, а также с обеспечением ресурсами первостепенной важности (продовольствием, чистой пресной водой, электроэнер-

гией и т.д.). При этом важно понимать, что численность населения вырастет, и притом значительно (в 1,5–1,7 раза), даже при «оптимистическом» сценарии. Соответственно, в практическом плане это означает, что, с одной стороны, африканским странам целесообразно прорабатывать и внедрять программы, направленные на снижение желаемого числа детей (хорошим примером здесь является Египет), с другой — обеспечивать доступность средств и практик планирования семьи, особенно для сельского населения. С другой стороны, одновременно с этим необходимо учитывать предстоящее увеличение населения во всех принимаемых программах развития — отсутствие внимания к этому фактору может привести к регрессу в различных аспектах развития страны и нивелировать успехи последних лет, достигнутые в рамках Целей развития тысячелетия.

Литература

1. United Nations Department of Economic and Social Affairs. World Population Prospects 2019. Total Population — Both Sexes [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>
2. OECD et al. African Economic Outlook 2013: Structural Transformation and Natural Resources Paris: OECD Publishing. 2013. DOI: 10.1787/aeo-2013-en.
3. African Development Bank. African Economic Outlook 2019. Abidjan: African Development Bank Group. 2019. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/2019AEO/AEO_2019-EN.pdf
4. African Development Bank. African Economic Outlook 2020: Developing Africa's Workforce for the Future Abidjan: African Development Bank Group. 2020. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.afdb.org/en/documents/african-economic-outlook-2020>
5. Radelet S. Emerging Africa: How 17 Countries are Leading the Way. Washington, D.C.: Center for Global Development, 2010.
6. Chuhan-Pole P., Angwafo M. (eds). Yes Africa can: success stories from a dynamic continent. Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development & The World Bank, 2011. [Электрон. ресурс]. Режим

доступа: <http://documents.worldbank.org/curated/en/304221468001788072/pdf/634310PUB0Yes0061512B09780821387450.pdf>

7. Bloom D.E., Williamson J.G. Demographic Transitions and Economic Miracles in Emerging Asia // World Bank Economic Review. 1998. № 12(3). С. 419–455. DOI:10.1093/wber/12.3.419 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://documents.worldbank.org/curated/en/934291468206034843/pdf/772740JRN0WBER0Box0377301B00PUBLIC0.pdf>

8. Bloom D.E., Canning D., Malaney P. Demographic Change and Economic Growth in Asia [Электрон. ресурс] // Population and Development Review. 2000. № 26. С. 257–290. Режим доступа: <https://www.jstor.org/stable/3115219>

9. Bloom D. E., Canning D., Sevilla J. The Demographic Dividend: A New Perspective on the Economic Consequences of Population Change [Электрон. ресурс]. Santa Monica: RAND, 2003. Режим доступа: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2007/MR1274.pdf

10. Ndulu B.J., Chakraborti L., Lijane L., Ramachandran V., Wolgin J. Challenges of African Growth. Opportunities, Constraints, and Strategic Directions [Электрон. ресурс]. Washington, D.C.: The World Bank, 2007. Режим доступа: <http://documents.worldbank.org/curated/en/329071468010472960/Challenges-of-African->

growth-opportunities-constraints-and-strategic-directions

11. Bloom D., Sachs J. D. Geography, demography and economic growth in Africa [Электрон. ресурс] // *Brookings Papers on Economic Activity*. 1998. № 2. С. 207–295. DOI: 10.2307/2534695. Режим доступа: <https://www.jstor.org/stable/2534695>.

12. Bloom D. E., Canning D. Global Demographic Change: Dimensions and Economic Significance [Электрон. ресурс] // *Population and Development Review*. 2008. № 34. С. 17–51. DOI: 10.3386/w10817. Режим доступа: <https://www.jstor.org/stable/25434758>

13. Bloom D. E., Canning D., Fink G., Finlay J. Does age structure forecast economic growth? [Электрон. ресурс] // *International Journal of Forecasting*. 2007. № 23(4). С. 569–585. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2007.07.001. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169207007000891>

14. Bloom D., Canning D. Demographic change and economic growth: The role of cumulative causality // In: Birdsall N., Kelley A.C., Sinding S.W. (eds.). *Population Matters: Demography, Growth, and Poverty in the Developing World*. New York: Oxford University Press, 2001. С. 165–197.

15. Bongaarts J. The causes of stalling fertility transitions [Электрон. ресурс] // *Studies in Family Planning*. 2006. № 37 (1). С. 1–16. Режим доступа: <https://www.popcouncil.org/uploads/pdfs/councilarticles/sfp/SFP371Bongaarts.pdf>

16. Bongaarts J. Fertility Transitions in Developing Countries: Progress or Stagnation? [Электрон. ресурс] // *Studies in Family Planning*. 2008. № 39(2). С. 105–110. Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1728-4465.2008.00157.x>

17. Shapiro D., Gebreselassie T. Fertility transition in Sub-Saharan Africa: falling and stalling [Электрон. ресурс] // *African Population Studies*. 2008. № 23 (1). С. 3–23. DOI: 10.11564/23-1-310. Режим доступа: <https://aps.journals.ac.za/pub/article/view/310>

18. Ezeh A.C., Mberu B.U., Emina J.O. Stall in fertility decline in Eastern African countries: regional analysis of patterns, determinants and implications [Электрон. ресурс] // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2009.

№ 364(1532). С. 2991–3007. Режим доступа: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2009.0166>

19. Вишневский А. Г. Демографическая революция. 2-е изд. М.: Наука, 2005. 214 с.

20. McEvedy C., Jones R. *Atlas of World Population History*. Harmondsworth: Penguin Books Ltd, 1978.

21. Maddison A. *World Population, GDP and per Capita GDP, A.D. 1–2008*. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.ggdc.net/Maddison>

22. Deveze J.-C. Challenges for African Agriculture. In: Deveze J.-C. (ed.). *Challenges for African Agriculture* [Электрон. ресурс]. Washington, D.C.: The IBRD/The World Bank, 2011. Режим доступа: <http://documents.worldbank.org/curated/en/126891468006605395/Challenges-for-African-agriculture>

23. Torrey B.B. Population Dynamics and Future Food Requirements in Sub-Saharan Africa. In: Pinstrup-Andersen P. (ed.). *The African Food System and its Interaction with Human Health and Nutrition*. Ithaca: Cornell University Press, 2010. С. 182–198.

24. Raftery A.E., Alkema L., Gerland P. 2014. Bayesian Population Projections for the United Nations [Электрон. ресурс] // *Statistical Science*. 2014. № 29(1). С. 58–68. DOI: 10.1214/13-STS419. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4196216/>

25. Korotayev A., Zinkina J., Goldstone J., Shulgin S. Explaining current fertility dynamics in tropical Africa from an anthropological perspective: a cross-cultural investigation [Электрон. ресурс] // *Cross-Cultural Research*. 2016. № 50 (3). С. 251–280. DOI: 10.1177/1069397116644158. Режим доступа: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1069397116644158>

26. National Population Office of Ethiopia. *National Population Policy [of Ethiopia] of April 1993* [Электрон. ресурс]. Addis Ababa: Office of the Prime Minister, 1993. Режим доступа: <https://cyber.harvard.edu/population/policies/ETHIOPIA.htm>

27. World Bank. *World Development Indicators Online*. Fertility rate, total [Электрон. ресурс]. Washington, D.C.: World Bank. Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.TFRT.IN?view=chart>

References

1. United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Population Prospects 2019*. Total Population – Both Sexes [Internet]. Available from: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>

2. OECD et al. *African Economic Outlook 2013: Structural Transformation and Natural Resources*. Paris: OECD Publishing, 2013. DOI: 10.1787/aeo-2013-en.

3. African Development Bank. *African Economic Outlook 2019*. Abidjan: African Development Bank Group, 2019. [Internet]. Available from: https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/2019AEO/AEO_2019-EN.pdf

www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/2019AEO/AEO_2019-EN.pdf

4. African Development Bank. *African Economic Outlook 2020: Developing Africa's Workforce for the Future*. Abidjan: African Development Bank Group, 2020. [Internet]. Available from: <https://www.afdb.org/en/documents/african-economic-outlook-2020>

5. Radelet S. *Emerging Africa: How 17 Countries are Leading the Way*. Washington, D.C.: Center for Global Development, 2010.

6. Chuhan-Pole P., Angwafo M. (eds). *Yes Africa can: success stories from a dynamic continent*. Washington, D.C.: The International

- Bank for Reconstruction and Development & The World Bank; 2011. [Internet]. Available from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/304221468001788072/pdf/634310PUB0Yes0061512B09780821387450.pdf>
7. Bloom D. E., Williamson J.G. Demographic Transitions and Economic Miracles in Emerging Asia. *World Bank Economic Review*. 1998; 12(3): 419–455. DOI:10.1093/wber/12.3.419 [Internet]. Available from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/934291468206034843/pdf/772740JRN0WB00Box0377301B00PUBLIC0.pdf>
8. Bloom D. E., Canning D., Malaney P. Demographic Change and Economic Growth in Asia [Internet]. *Population and Development Review*. 2000; 26: 257–290. Available from: <https://www.jstor.org/stable/3115219>
9. Bloom D. E., Canning D., Sevilla J. The Demographic Dividend: A New Perspective on the Economic Consequences of Population Change [Internet]. Santa Monica: RAND; 2003. Available from: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2007/MR1274.pdf
10. Ndulu B. J., Chakraborti L., Lijane L., Ramachandran V., Wolgin J. Challenges of African Growth. Opportunities, Constraints, and Strategic Directions [Internet]. Washington, D.C.: The World Bank; 2007. Available from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/329071468010472960/Challenges-of-African-growth-opportunities-constraints-and-strategic-directions>
11. Bloom D., Sachs J.D. Geography, demography and economic growth in Africa [Internet]. *Brookings Papers on Economic Activity*. 1998; 2: 207–295. DOI: 10.2307/2534695. Available from: <https://www.jstor.org/stable/2534695>.
12. Bloom D. E., Canning D. Global Demographic Change: Dimensions and Economic Significance [Internet]. *Population and Development Review*. 2008; 34: 17–51. DOI: 10.3386/w10817. Available from: <https://www.jstor.org/stable/25434758>
13. Bloom D. E., Canning D., Fink G., Finlay J. Does age structure forecast economic growth? [Internet] // *International Journal of Forecasting*. 2007; 23(4): 569–585. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2007.07.001. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169207007000891>
14. Bloom D., Canning D. Demographic change and economic growth: The role of cumulative causality. In: Birdsall N., Kelley A. C., Sinding S. W. (eds.). *Population Matters: Demography, Growth, and Poverty in the Developing World*. New York: Oxford University Press, 2001: 165–197.
15. Bongaarts J. The causes of stalling fertility transitions [Internet]. *Studies in Family Planning*. 2006; 37(1): 1–16. Available from: <https://www.popcouncil.org/uploads/pdfs/councilarticles/sfp/SFP371Bongaarts.pdf>
16. Bongaarts J. Fertility Transitions in Developing Countries: Progress or Stagnation? [Internet]. *Studies in Family Planning*. 2008; 39(2): 105–110. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1728-4465.2008.00157.x>
17. Shapiro D., Gebreselassie T. Fertility transition in Sub-Saharan Africa: falling and stalling [Internet]. *African Population Studies*. 2008; 23 (1): 3–23. DOI: 10.11564/23-1-310. Available from: <https://aps.journals.ac.za/pub/article/view/310>
18. Ezeh A.C., Mberu B.U., Emina J.O. Stall in fertility decline in Eastern African countries: regional analysis of patterns, determinants and implications [Internet]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2009; 364(1532): 2991–3007. Available from: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2009.0166>
19. Vishnevskiy A. G. Демографическая революция. 2-е изд = Demographic revolution. 2nd ed. Moscow: Nauka; 2005. 214 p. (In Russ.)
20. McEvedy C., Jones R. *Atlas of World Population History*. Harmondsworth: Penguin Books Ltd, 1978.
21. Maddison A. *World Population, GDP and per Capita GDP, A.D. 1–2008*. [Internet]. Available from: <http://www.ggdc.net/Maddison>
22. Deveze J.-C. Challenges for African Agriculture. In: Deveze J.-C. (ed.). *Challenges for African Agriculture* [Internet]. Washington, D.C.: The IBRD/The World Bank; 2011. Available from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/126891468006605395/Challenges-for-African-agriculture>
23. Torrey B. B. Population Dynamics and Future Food Requirements in Sub-Saharan Africa. In: Pinstrup-Andersen P. (ed.). *The African Food System and its Interaction with Human Health and Nutrition*. Ithaca: Cornell University Press; 2010: 182–198.
24. Raftery A. E., Alkema L., Gerland P. 2014. Bayesian Population Projections for the United Nations [Internet]. *Statistical Science*. 2014; 29(1): 58–68. DOI: 10.1214/13-STS419. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4196216/>
25. Korotayev A., Zinkina J., Goldstone J., Shulgin S. Explaining current fertility dynamics in tropical Africa from an anthropological perspective: a cross-cultural investigation [Internet]. *Cross-Cultural Research*. 2016; 50(3): 251–280. DOI: 10.1177/1069397116644158. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1069397116644158>
26. National Population Office of Ethiopia. *National Population Policy [of Ethiopia] of April 1993* [Internet]. Addis Ababa: Office of the Prime Minister; 1993. Available from: <https://cyber.harvard.edu/population/policies/ETHIOPIA.htm>
27. World Bank. *World Development Indicators Online*. Fertility rate, total [Internet]. Washington, D.C.: World Bank. Available from: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.TFRT.IN?view=chart>

Сведения об авторах**Юлия Викторовна Зинкина**

К.и.н., старший научный сотрудник
Международной лаборатории демографии и
человеческого капитала

Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте
Российской Федерации (РАНХиГС)
научный сотрудник факультета глобальных
процессов

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
Эл. почта: juliazin@list.ru

Сергей Георгиевич Шульгин

К.э.н., заместитель заведующего Международной
лаборатории демографии и человеческого
капитала

Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте
Российской Федерации (РАНХиГС),
Москва, Россия

Эл. почта: sergey@shulgin.ru

Information about the authors**Yuliya V. Zinkina**

Cand. Sci. (Historical), Senior Research Fellow, the
International Laboratory of Demography and Human
Capital

Russian Presidential Academy
of National Economy and Public Administration
(RANEPA)

Research Fellow, Faculty of Global Studies,
Lomonosov Moscow State University

Moscow, Russian
E-mail: juliazin@list.ru

Sergey G. Shulgin

Cand. Sci. (Economics), Vice-Head of the
International Laboratory of Demography
and Human Capital

Russian Presidential Academy of National Economy
and Public Administration (RANEPA),
Moscow, Russian

E-mail: sergey@shulgin.ru

Статистический анализ влияния загрязнения среды обитания на заболеваемость населения в Республике Марий Эл*

В статье предложен эконометрический подход к анализу связи показателей экологически зависимой заболеваемости населения и показателей загрязнения среды обитания, отличающийся использованием панельных данных.

Цель. Установить количественные связи между состоянием среды обитания и здоровьем населения в условиях дифференцированных антропогенных нагрузок, при которых существует значимый риск здоровью населения в Республике Марий Эл.

Материалы и методы. Методология исследования основана на подходах к корреляционно-регрессионному анализу панельных данных. Для выявления показателей загрязнения среды обитания, статистически связанных с показателями экологически зависимой заболеваемости, рассчитываются коэффициенты корреляции Пирсона и ранговые коэффициенты корреляции Спирмена. Затем строятся модели регрессии для панельных данных: модель с фиксированными эффектами и модель со случайными эффектами. Источники панельных данных: Маристат, Управление Роспотребнадзора по Республике Марий Эл и Министерство здравоохранения Республики Марий Эл. В исходный набор вошли 6 показателей загрязнения воды и атмосферы и 7 приоритетных показателей заболеваемости населения в разрезе 15 муниципальных образований Республики Марий Эл за период с 2009 по 2017 гг.

Результаты. Анализ матриц коэффициентов Пирсона и Спирмена позволил выявить показатели загрязнения среды обитания, наиболее тесно связанные с показателями заболе-

ваемости населения. Указанные показатели вошли в исходные спецификации моделей панельной регрессии. Получено три статистически значимых модели панельной регрессии, описывающих влияние загрязнения питьевой воды из распределительной сети на заболеваемость бронхиальной астмой детей 0-14 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни, и выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения на заболеваемость гастритом и дуоденитом подростков 15-17 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни.

Заключение. Полученные модели обладают биологическим правдоподобием. Этиопатогенетический анализ подтверждает возможность существования выявленных связей. Найденные статистически значимые связи между загрязнениями среды обитания и здоровьем населения — это не доказательство наличия причинно-следственной связи между ними, а лишь статистическое подтверждение гипотезы о возможном ее наличии. Это подтверждение является необходимым этапом работы для перевода гипотезы в разряд твердо установленных фактов. В дальнейшем предлагается использовать дополнительные, более объективные и полные интегральные оценки качества окружающей среды, например, флуктуирующую асимметрию билатеральных признаков биологических объектов.

Ключевые слова: заболеваемость, загрязнение среды обитания, панельные данные.

Peter A. Korotkov¹, Aleksey B. Trubyanov², Anastasiya A. Avdeeva³, Alina I. Gismieva⁴

¹ Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

² Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

³ Maristat, Yoshkar-Ola, Russia

⁴ Kazan State Medical University, Kazan, Russia

Statistical Analysis of Environmental Pollution Impact on Population Morbidity in the Republic of Mari El

The article considers an econometric approach to the analysis of relation between the population morbidity rate depending on ecology and the environmental pollution index. Panel data are used in this approach.

The purpose is to find quantitative relations between the state of the environment and public health under the differentiated man-caused load threatening public health in the Republic of Mari El.

Materials and methods. The research methods are based on the approaches to correlation and regression analysis of the panel data. In order to identify the environmental pollution index statistically related to the morbidity rate, Pearson and Spearman's correlation coefficients were calculated. Then the regression models for the panel data were developed: a fixed-effect model and a random-effect model. The sources of the panel data are the following: Regional Statistics

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Марий Эл в рамках научного проекта № 19-413-120001.

Office in the Mari El Republic (Maristat), Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Mari El Republic (Rospotrebnadzor) and Ministry of Healthcare of the Mari El Republic. The data include six air and water pollution indexes and seven priority indicators of the population morbidity rate in 15 municipal districts of the Mari El Republic in the period of 2009–2017.

Results. The analysis of the Pearson and Spearman's correlation coefficients helped to identify environmental pollution indexes closely related to the population morbidity rate. These indicators were used as input data of the panel regression model. Three statistically significant panel regression models were identified. They describe the impact of pollution of drinking water from the distributed network on bronchial asthma morbidity among 0–14-aged children diagnosed for the first time in their life; and the impact of emission into the

atmosphere of pollutants from the point emission sources on gastritis and duodenitis morbidity among 15–17 aged teenagers diagnosed for the first time in their life.

Conclusion. The identified models have biological plausibility. The ethiopathogenetic analysis confirms the possibility of existence of the identified relations. The statistically significant relations between environmental pollution and public health do not prove existence of cause-and-effect links between them. It is statistical demonstration of the hypothesis of their possible existence. This demonstration is an essential work stage to make the hypothesis a hard fact. In the future, it is proposed to use additional, more objective and integral evaluation of environmental quality, for example, the fluctuating asymmetry of bilateral features of biological objects.

Keywords: morbidity, environmental pollution, panel data.

Введение

На региональном и муниципальном уровнях проводится недостаточное количество комплексных исследований влияния состояния среды обитания на здоровье населения. Между тем, по данным государственной статистики для субъектов Российской Федерации, влияние антропогенной нагрузки (совокупная оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов сточных вод в водные объекты, образование токсичных отходов) на здоровье населения может достигать 40 % и более.

В Республике Марий Эл сложилась неоднозначная медико-экологическая ситуация. С одной стороны, результаты мониторинга указывают на благоприятную экологическую ситуацию в республике: на ее территории не выявлено высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха населённых мест, питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, почвы [1]. С другой стороны, анализ приоритетных заболеваний населения Республики Марий Эл, обусловленных неблагоприятным воздействием факторов среды обитания, показывает, что республика по большинству таких показателей, превышающих средние заболеваемости по РФ в 1,4–1,5 раза, отнесена к территориям риска [1].

Противоречие «благоприятная экологическая ситуация в населенных пунктах республики — превышение показателей заболеваемости, обусловленных неблагоприятным воздействием факторов среды обитания, показателей по РФ в 1,5 раза» свидетельствует об актуальности проведения количественного исследования взаимосвязей между загрязнением отдельных компонентов окружающей среды (атмосферы, воды и почвы) и состоянием здоровья населения.

Одна из основных задач социально-гигиенического мониторинга — выявление корреляционно-регрессионных связей между параметрами здоровья и состояния окружающей среды [2]. Подробный обзор по применению статистических моделей в задачах социально-гигиенического мониторинга представлен в монографии [2]. К типичным ошибкам автор монографии относит ошибки: формального построения моделей; трактовки результатов; некорректное использование временных рядов и др. Несмотря на то, что данный обзор выполнен достаточно давно, его результаты во многом остаются актуальными. Действительно, до сих пор в современных работах по социально-гигиеническому мониторингу при оценке влияния загрязнения компонентов окружающей среды (атмосферного воздуха, воды, почвы) на показатели заболеваемости населения часто при-

водятся лишь коэффициенты корреляции [3–8], которые в отличие от коэффициентов регрессии являются показателями качества, но не силы связи. Вместе с тем регрессионный анализ медико-экологических данных, безусловно, также используется [9–12], но применительно к пространственным совокупностям, либо временным рядам, в то время как панельные данные (пространственно-временные совокупности), обладающие значительными преимуществами не используются.

В связи этим в качестве основного способа количественного описания влияния состояния среды обитания на здоровье населения предлагается использовать метод панельных данных.

Цель работы — установление статистических связей между состоянием среды обитания и здоровьем населения в условиях дифференцированных антропогенных нагрузок, при которых существует значимый риск здоровью населения в Республике Марий Эл.

Исследование укладывается в тенденцию оценки риска здоровью населения, обусловленного влиянием окружающей природной среды, в условиях дифференцированной антропогенной нагрузки. Практическая значимость заключается в разработке мероприятий, которые могут способствовать улучшению характеристик здоровья населения Республики Марий Эл.

Основные задачи:

- сформировать информационную базу исследования на основе данных официальной статистики об экологически зависимой заболеваемости населения, загрязнении среды обитания (атмосферы, воды, почвы).

- выявить статистически значимые статистически значимые корреляции между загрязнением среды обитания и заболеваемости;

- построить панельные регрессионные модели, устанавливающие количественные связи между этими показателями.

Данные и методология

Для сбора исходных данных об экологически зависимой заболеваемости [13] и загрязнении среды обитания (атмосферы, воды, почвы) в разрезе 15 муниципальных образований за период с 2009 по 2017 гг. использовались официальные источники статистики: Маристат [14] и Управление Роспотребнадзора по Республике Марий Эл [1]. В результате прямого обращения в Минздрав Республики Марий Эл данные по приоритетным заболеваниям, обусловленным неблагоприятным воздействием факторов среды обитания были уточнены.

После устранения ошибок выборки по критерию наличия минимального числа пропусков в исходный набор вошли следующие переменные.

Зависимые переменные:

Y_1 – младенческая смертность по муниципальным образованиям Республики Марий Эл на 1000 родившихся живыми;

Y_2 – заболеваемость анемией детей 0–14 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения);

Y_3 – заболеваемость бронхиальной астмой детей 0–14 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100

тыс. соответствующего населения);

Y_4 – заболеваемость анемией подростков 15–17 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения);

Y_5 – заболеваемость бронхиальной астмой подростков 15–17 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения);

Y_6 – заболеваемость гастритом и дуоденитом подростков 15–17 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения);

Y_7 – заболеваемость язвой желудка и 12-перстной кишки взрослых от 18 лет и старше с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения).

Независимые переменные:

X_1 – удельный вес нестандартных проб воды из поверхностных водоемов по микробиологическим показателям, %;

X_2 – удельный вес нестандартных проб воды из поверхностных водоемов по санитарно-химическим показателям, %;

X_3 – удельный вес проб питьевой воды из распределительной сети, не соответствующих гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям, %;

X_4 – удельный вес проб питьевой воды из распределительной сети, не соответствующих гигиеническим требованиям по микробиологическим показателям, %;

X_5 – удельный вес проб воды из нецентрализованных источников водоснабжения, не отвечающих гигиеническим требованиям по микробиологическим показателям, %;

X_6 – выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения, т/км².

Для характеристики загрязнения атмосферы используется единственный доступный показатель «Выбросы в атмос-

феру загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения, т/км²». Количество выбросов нормируется на площадь муниципальных образований [15]. Правомерность использования такого показателя обусловлена небольшим размером территории муниципальных образований Республики Марий Эл.

Анализ распределения переменных выявил наличие «скошенности» вправо. Для уменьшения асимметрии распределения в дальнейшем анализе использовались логарифмы переменных: $y_1, \dots, y_7, x_1, \dots, x_6$. В связи с тем, что многие показатели загрязнения воды имеют нулевые значения, что при их логарифмировании приводит к потере значений переменных, дополнительно использовались первые разности: $dY_1, \dots, dY_7, dX_1, \dots, dX_6$.

Традиционно в статистическом анализе данных о состоянии окружающей среды и заболеваемости населения различают временные ряды и пространственные совокупности [2]. Регрессионный анализ позволяет получать достоверные результаты при использовании длинных временных рядов и предметном (медицинском) обосновании возможной причинно-следственной связи между загрязнением и заболеваемостью [16]. При коротких рядах, когда связь конкретного типа загрязнения с уровнем конкретной патологии явно не просматривается, можно получить ложные корреляции. При анализе пространственных совокупностей вероятность получения ложной корреляции значительно меньше, поскольку условие независимости наблюдений в разных точках, как правило, соблюдается.

Методология исследования основана на подходах к корреляционно-регрессионному анализу панельных данных [17–22]. Панельные данные представляют собой двумерные – пространственно-вре-

менные – массивы. Панельные данные позволяют получать более эффективные оценки [22], поскольку характеризуются большим количеством наблюдений, что увеличивает число степеней свободы и уменьшает мультиколлинеарность факторов за счет учета индивидуальных различий.

При корреляционном анализе связей показателей загрязнения среды обитания и экологически зависимой заболеваемости используются как параметрические методы для логарифмированных переменных и первых разностей, так и непараметрические методы для исходных переменных, не требующие предположений нормальности распределения.

На первом этапе для выявления показателей загрязнения среды обитания, оказывающих влияние на показатели экологически зависимой заболеваемости, рассчитываются коэффициенты корреляции Пирсона (r) и ранговые коэффициенты корреляции Спирмена (r_s).

На втором этапе строятся модели панельной регрессии. В исходную спецификацию моделей включаются переменные, имеющие статистически значимые взаимосвязи, выявленные параметрическими и (или) непараметрическими методами.

Используются две модели регрессии для панельных данных: модель с фиксированными эффектами и модель со случайными эффектами.

Модель регрессии с фиксированными эффектами имеет вид:

$$y_{i,t} = \alpha + \mu_i + \delta_i t + \beta x'_{i,t} + \varepsilon_{i,t}, \quad (1)$$

где $y_{i,t}$ – зависимая переменная, характеризующая экологически зависимую заболеваемость в i -м муниципальном образовании Республики Марий Эл в период t ; α – свободный член; $x'_{i,t}$ – K -мерный вектор объясняющих переменных, характеризующих загрязнение среды

обитания в i -м муниципальном образовании Республики Марий Эл в период t ; β – вектор соответствующих коэффициентов панельной регрессии; μ_i – постоянные во времени индивидуальные эффекты для каждого в i -го муниципального образовании Республики Марий Эл, улавливающие влияние неучтенных переменных; $\delta_i t$ – индивидуальные тренды, которые при необходимости могут быть включены в модель; $\varepsilon_{i,t}$ – остатки панельной регрессии, некоррелированные с объясняющими переменными и одинаково распределенные по муниципальным образованиям и времени с нулевым средним и дисперсией σ_ε^2 ; $i = 1, 2, \dots, N$ – номер муниципального образования, $N = 14$; $t = 1, 2, \dots, T$ – номер периода, T – число наблюдений для i -го муниципального образования, $T = 9$.

Для оценки параметров модели с фиксированными эффектами (1) используется панельный метод наименьших квадратов (ПМНК).

В модели с фиксированными эффектами (1) оценка коэффициентов β основана на информации об изменении экологически зависимой заболеваемости во времени внутри одного муниципального образования в зависимости от изменения независимых переменных, характеризующих загрязнение среды обитания. При этом не используется информация о различии в среднем уровне экологически зависимой заболеваемости между муниципальными образованиями – оно полностью объясняется постоянными индивидуальными эффектами μ_i .

Модель регрессии со случайными эффектами имеет вид:

$$y_{i,t} = \mu + \beta x'_{i,t} + u_i + \varepsilon_{i,t}, \quad (2)$$

где μ – свободный член; u_i – индивидуальные эффекты, которые рассматриваются как случайные величины, не за-

висящие от времени и некоррелированные с остатками $\varepsilon_{i,t}$, имеющие нулевое условное (по объясняющим переменным) математическое ожидание и дисперсию σ_u^2 .

Параметры модели случайных эффектов (2) оцениваются обобщенным методом наименьших квадратов (ОМНК), а для дисперсии случайных индивидуальных эффектов и дисперсии остатков используются оценки Swamy–Arora [23].

Оценки модели случайных эффектов (2) являются более эффективными, чем оценки модели (1), поскольку учитывают как изменение экологически зависимой заболеваемости внутри одного муниципального образования, так и его различие между муниципальными образованиями. Оценки модели случайных эффектов являются состоятельными, если верно предположение о независимости случайных эффектов u_i от объясняющих переменных и остатков модели $\varepsilon_{i,t}$.

Модели панельной регрессии оцениваются методом от общего к частному, т.е. посредством усечения незначимых переменных.

Расчеты выполняются в статистическом пакете EViews 11.

Результаты и обсуждение

Результаты корреляционного анализа связей показателей загрязнения среды обитания и экологически зависимой заболеваемости представлены в таблицах 1–4.

Несмотря на то, что некоторые коэффициенты корреляции имеют знак, не соответствующий теоретическим ожиданиям, все независимые переменные, статистически связанные с зависимой переменной, по общему правилу, включались в исходную спецификацию модели.

При построении моделей панельной регрессии использовались логарифмированные значения переменных, по-

Таблица 1

Матрица парных коэффициентов корреляции Пирсона

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
x_1	1,000												
x_2	0,404	1,000											
x_3	0,256	-0,144	1,000										
x_4	0,152	-0,147	0,132	1,000									
x_5	0,233	-0,123	0,367	0,148	1,000								
x_6	-0,039	-0,041	-0,150	-0,110	0,168	1,000							
y_1	0,109	-0,055	-0,005	0,044	-0,144	-0,350	1,000						
y_2	-0,051	0,040	0,167	0,288	0,054	-0,170	0,039	1,000					
y_3	-0,039	0,161	-0,258	0,210	0,102	0,203	0,000	-0,058	1,000				
y_4	-0,173	-0,225	0,032	0,068	0,015	-0,267	0,087	0,657	-0,087	1,000			
y_5	-0,404	0,369	-0,286	-0,041	0,035	-0,077	0,019	-0,266	0,021	-0,130	1,000		
y_6	-0,020	0,062	0,111	-0,081	0,138	0,275	-0,136	-0,140	0,041	-0,094	0,249	1,000	
y_7	-0,322	-0,089	-0,399	0,027	-0,326	0,066	-0,062	0,166	0,227	0,138	0,036	-0,023	1,000

Примечание: логарифмированные переменные.

Таблица 2

Матрица парных коэффициентов корреляции Пирсона

	dx_1	dx_2	dx_3	dx_4	dx_5	dx_6	dy_1	dy_2	dy_3	dy_4	dy_5	dy_6	dy_7
dx_1	1,000												
dx_2	0,261	1,000											
dx_3	-0,117	-0,130	1,000										
dx_4	0,103	-0,149	-0,187	1,000									
dx_5	-0,028	-0,174	0,139	0,081	1,000								
dx_6	0,040	0,001	0,045	0,060	0,075	1,000							
dy_1	0,041	0,036	-0,113	-0,029	0,041	-0,010	1,000						
dy_2	-0,028	-0,157	0,062	0,044	0,055	0,011	0,134	1,000					
dy_3	0,101	0,016	0,017	0,169	-0,031	-0,075	0,134	0,101	1,000				
dy_4	-0,118	-0,155	0,092	-0,082	-0,074	-0,060	0,019	0,431	0,121	1,000			
dy_5	-0,064	0,010	-0,064	0,060	0,096	-0,001	-0,082	0,036	-0,161	0,027	1,000		
dy_6	0,022	-0,012	0,136	0,076	0,023	0,018	-0,028	0,094	-0,195	0,229	0,038	1,000	
dy_7	-0,059	-0,100	0,010	0,014	-0,058	-0,026	0,014	0,292	0,016	0,319	0,049	0,100	1,000

Примечание: первые разности.

Таблица 3

Матрица коэффициентов корреляции Спирмена

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7
X_1	1,000												
X_2	0,115	1,000											
X_3	0,236	0,167	1,000										
X_4	-0,048	-0,022	-0,002	1,000									
X_5	0,207	0,060	0,481	0,128	1,000								
X_6	0,292	0,016	0,258	0,194	-0,026	1,000							
Y_1	-0,135	-0,028	0,082	-0,048	0,081	-0,176	1,000						
Y_2	-0,078	0,023	-0,142	0,060	0,006	-0,046	0,021	1,000					
Y_3	0,167	0,037	0,038	0,089	0,128	0,208	-0,006	-0,105	1,000				
Y_4	-0,157	-0,088	-0,147	-0,076	0,002	-0,158	0,042	0,695	-0,107	1,000			
Y_5	0,009	-0,044	0,026	0,116	-0,059	0,201	-0,077	-0,400	0,141	-0,341	1,000		
Y_6	-0,144	0,243	0,230	0,100	-0,032	0,302	-0,088	-0,095	0,051	0,004	0,308	1,000	
Y_7	-0,061	-0,116	-0,262	0,081	-0,273	0,039	-0,097	0,176	0,127	0,189	-0,094	-0,024	1,000

Примечание: исходные переменные.

скольку при переходе к первым разностям теряется много информации, а распределение исходных переменных отличается от нормального.

В результате эконометрического моделирования были получены окончательные панельные регрессии.

Модель с фиксированными эффектами:

$$\hat{y}_{3i,t} = 4,71 + 0,24x_{4i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

Модель случайных эффектов:

$$\hat{y}_{3i,t} = 4,71 + 0,22x_{4i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

Модель случайных эффектов:

$$\hat{y}_{6i,t} = 7,5 + 0,07x_{6i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

Все модели статистически значимы, а знаки при коэффициентах регрессии имеют ожидаемые знаки. Параметры моделей панельной регрессии (3) и (4), оцененные разными методами, имеют близкие значения.

Тесты на отсутствие постоянных индивидуальных эффектов подтверждают корректность выбранной спецификации модели (3). Тест Хаусмана не отвергает нулевую гипотезу о некоррелированности объясняющих переменных и случайных эффектов для моделей (4–5).

На заболеваемость бронхиальной астмой детей 0–14 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения) ($y_{3i,t}$) влияет удельный вес проб питьевой воды из распределительной сети, не соответствующих гигиеническим требованиям по микробиологическим показателям, % ($x_{4i,t}$).

Полученная связь согласуется с этиологией и патогенезом заболевания. Действительно, из-за повышенного удельного веса воды возможна реакция гиперчувствительности (аллергическая) на содержащиеся в воде химические вещества, в результате чего происходит бронхоспазм (сужение просвета бронхов, как

проявление бронхиальной астмы) [24–25].

На заболеваемость гастритом и дуоденитом подростков 15–17 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения) ($y_{6i,t}$) влияют выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения, т/км² ($x_{6i,t}$).

Исходя из этиологии и патогенеза заболеваний желудочно-кишечного тракта можно сделать вывод, что при вдыхании загрязненного воздуха через рот (например, при физической активности), взвеси химических веществ вместе со слюной попадают в желудочно-кишечный тракт. Тем самым химические вещества повреждают защитный барьер желудка, вследствие чего под действием соляной кислоты повреждаются клетки слизистой оболочки, что, в свою очередь, приводит к воспалительному процессу, т.е. гастриту. Аналогичное влияние данные вещества оказывают и на двенадцатиперстную кишку (она является следующим после желудка отделом желудочно-кишечного тракта), провоцируя дуоденит [24, 26].

Заключение

В результате параметрического и непараметрического корреляционного анализа панельных данных для 15 муниципальных образований Республики Марий Эл за период с 2009 по 2017 гг. выявлены показатели загрязнения среды обитания, наиболее тесно связанные с показателями экологически зависимой заболеваемости в муниципальных образованиях Республики Марий Эл.

В соответствии с принятым подходом выявленные показатели включались в исходные спецификации моделей панельной регрессии.

Были получены три статистически значимые модели

панельной регрессии, характеризующие связь заболеваемости бронхиальной астмой детей 0–14 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения) и удельным весом проб питьевой воды из распределительной сети, не соответствующих гигиеническим требованиям по микробиологическим показателям, %; между заболеваемостью гастритом и дуоденитом подростков 15–17 лет с диагнозом, установленным впервые в жизни (на 100 тыс. соответствующего населения) и выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников загрязнения, т/км².

Полученные модели обладают биологическим правдоподобием. Этиопатогенетический анализ подтверждает возможность существования выявленных связей.

Найденные статистически значимые связи между загрязнениями среды обитания и здоровьем населения – это не доказательство наличия причинно-следственной связи между ними, а лишь статистическое подтверждение гипотезы о возможном ее наличии [2]. Это подтверждение является необходимым (но недостаточным) этапом работы для перевода гипотезы в разряд твердо установленных фактов.

Для полного доказательства нужны еще подтверждения. Так, планируется использовать дополнительные, более объективные и полные интегральные оценки качества окружающей среды, например, по состоянию живых существ. Одним из способов такой оценки является флуктуирующая асимметрия билатеральных признаков биологических объектов. Особенность такого интегрального показателя заключается в том, что исследуется не типы загрязнений (почвы, воды, воздуха и др.), а реакция живых организмов на условия среды.

Литература

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Марий Эл в 2018 году: Доклад. Йошкар-Ола: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Марий Эл, 2019. 227 с.
2. Вараксин А.Н. Статистические модели регрессионного типа в экологии и медицине. Екатеринбург: Гощицкий, 2006. 255 с.
3. Ситникова О.О. Оценка экологических рисков здоровью населения в медико-демографических процессах при антропогенном загрязнении атмосферного воздуха (на примере Белгородской области) // Материалы VI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2014.
4. Веремчук Л.В., Черпак Н.А., Гвозденко Т.А., Волкова М.В. Методология оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха на формирование уровней общей заболеваемости бронхиальной астмой // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 3. С. 119–122.
5. Куркатов С.В., Тихонова И.В., Иванова О.Ю. Оценка риска воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения г. Норильска // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 2. С. 28–31.
6. Канатникова Н.В., Егорова Н.А. Влияние жесткости питьевой воды на заболеваемость населения г. Орла // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 3. С. 235–240.
7. Лучанинова В.Н., Цветкова М.М., Веремчук Л.В., Крукович Е.В., Мостовая И.Д. Состояние здоровья детей и подростков и факторы, влияющие на его формирование // Гигиена и санитария. Т. 96. № 6. С. 561–568.
8. Малыш Н.Г., Доан С.И. Использование факторного анализа при исследовании эпидемического процесса острых кишечных инфекций // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 6. С. 519–523.
9. Кичу П. Ф., Измайлова О.А. Горборукова Т.В., Ананьев В.Ю. Влияние эколого-гигиенических факторов среды обитания на распространение болезней органов дыхания у населения Приморского края // Гигиена и санитария. 2012. № 5.
10. Трифонова Т.А., Марцев А.А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения Владимирской области // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4.
11. Зайкова З.А., Бурдуковская А.В., Белых А.И. Определение приоритетных неблагоприятных факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 12.
12. Измайлова О.А., Кичу П.Ф., Ярыгина М.В., Морева В.Г., Ананьев В.Ю., Косолапов А.Б. Гигиенические аспекты распространения экологозависимых заболеваний детей и подростков Приморского края // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 11.
13. Щербо А.П. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска. СПб.: СПбМАПО, 2002. 376 с.
14. Городские округа и муниципальные районы Республики Марий Эл: статистический сборник. Йошкар-Ола: Маристат, 2017. 266 с.
15. Республика Марий Эл в цифрах: Краткий статистический сборник. Йошкар-Ола: Маристат. 2019. 385 с.
16. Кацнельсон Б.А., Кошелева А.А., Привалова Л.И., Кузьмин С.В., Малых О.Л., Хальфин Р.А., Никонов Б.И., Озкаянак Х., Шу Дж. Влияние кратковременных повышений загрязнения атмосферного воздуха на смертность населения // Гигиена и санитария. 2000. № 1. С. 15–18.
17. Коротков П.А., Трубянов А.Б., Загайнова Е.А., Никоноров К.Н. Сопоставительный анализ моделей оценки экологической эффективности крупных городов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 328.
18. Коротков П.А., Загайнова Е.А. Взаимосвязь уровня распространенности самоубийств и продолжительности рабочего времени // Статистика и экономика. 2017. Т. 14. № 4. С. 41–53.
19. Шиманович Г. Внешний долг Беларуси: опыт постсоциалистических стран. Рабочий материал Исследовательского центра ИПМ WP/09/01, 2009. 24 с.
20. Копнова Е.Д., Розенталь О.М. Эконометрический анализ экологического менеджмента рыбных ресурсов // Прикладная эконометрика. 2010. № 2 (18). С. 90–100.
21. Ларин А.В., Тарунина Е.Н. Предпринимательская активность и уровень экономического развития: форма зависимости // Прикладная эконометрика. 2015. № 37 (1). С. 3–26.
22. Вербик М. Модели, основанные на панельных данных // Прикладная эконометрика. 2006. № 1. С. 94–135.
23. Swamy P.A. V.B. and Arora S.S. The exact finite sample properties of the estimators of coefficients in the error components regression models // Econometrica. 1972. № 40. С. 261–275.
24. Серов В.В., Пальцев М.А. Патологическая анатомия: курс лекций. Учебное пособие. М.: 1998. 640 с.
25. Бронхиальная астма: клинические рекомендации. М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2016. 76 с.
26. Патологическая физиология: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 496 с.

References

1. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya Respubliki Mariy El v 2018 godu: Doklad. Yoshkar-Ola: Upravleniye Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po Respublike Mariy El = On the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population of the Republic of Mari El in 2018: Report. Yoshkar-Ola: Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Republic of Mari El, 2019. 227 p. (In Russ.)
2. Varaksin A.N. Statisticheskiye modeli regressionnogo tipa v ekologii i meditsine = Statistic models of regression type in ecology and medicine. Yekaterinburg: Goshchitsky; 2006. 255 p. (In Russ.)
3. Sitnikova O.O. Assessment of environmental risks to public health in medical and demographic processes during anthropogenic air pollution (on the example of the Belgorod region). Materialy VI Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii «Studencheskiy nauchnyy forum» = Materials of the VI International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum". 2014. (In Russ.)
4. Veremchuk L.V., Cherpak N.A., Gvozdenko T.A., Volkova M.V. Methodology for assessing the effect of air pollution on the formation of levels of the general incidence of bronchial asthma. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2015; 94; 3: 119–122. (In Russ.)
5. Kurkatov S.V., Tikhonova I.V., Ivanova O.Yu. Risk assessment of the effects of atmospheric pollution on the health of the population of Norilsk. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2015; 94; 2: 28–31. (In Russ.)
6. Kanatnikova N.V., Yegorova N.A. The effect of hardness of drinking water on the incidence of the population of the city of Orel. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2017; 96; 3: 235–240. (In Russ.)
7. Luchaninova V.N., Tsvetkova M.M., Veremchuk L.V., Krukovich Ye.V., Mostovaya I.D. The health status of children and adolescents and factors affecting its formation. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 96; 6: 561–568. (In Russ.)
8. Malysh N.G., Doan S.I. The use of factor analysis in the study of the epidemic process of acute intestinal infections. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2017; 96; 6: 519–523. (In Russ.)
9. Kiku P. F., Izmaylova O.A. Gorborukova T.V., Anan'yev V.Yu. The influence of environmental and hygienic environmental factors on the spread of respiratory diseases in the population of Primorsky Krai. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2012; 5. (In Russ.)
10. Trifonova T.A., Martsev A.A. Evaluation of the effect of air pollution on the incidence of the population of the Vladimir region. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2015; 94; 4. (In Russ.)
11. Zaykova Z.A., Burdukovskaya A.V., Belykh A.I. Determination of priority adverse environmental factors. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2016; 95; 12. (In Russ.)
12. Izmaylova O.A., Kiku P.F., Yarygina M.V., Moreva V.G., Anan'yev V.Yu., Kosolapov A.B. Hygienic aspects of the spread of environmentally dependent diseases in children and adolescents of the Primorsky Territory. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2016; 95; 11. (In Russ.)
13. Shcherbo A.P. Okruzhayushchaya sreda i zdorov'ye: podkhody k otsenke riska = Environment and health: risk assessment approaches. Saint Petersburg: SPbMAPO; 2002. 376 p. (In Russ.)
14. Gorodskiy okrug i munitsipal'nyye rayony Respubliki Mariy El: statisticheskiy sbornik = Urban districts and municipal districts of the Republic of Mari El: statistical compilation. Yoshkar-Ola: Maristat; 2017. 266 p. (In Russ.)
15. Respublika Mariy El v tsifrakh: Kratkiy statisticheskiy sbornik = The Republic of Mari El in numbers: A brief statistical compilation. Yoshkar-Ola: Maristat. 2019; 385 p. (In Russ.)
16. Katsnel'son B.A., Kosheleva A.A., Privalova L.I., Kuz'min S.V., Malykh O.L., Khal'fin R.A., Nikonov B.I., Ozkaynak K.H., Shu Dzh. The effect of short-term increases in air pollution on population mortality. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2000; 1: 15–18. (In Russ.)
17. Korotkov P.A., Trubyanov A.B., Zagaynova Ye.A., Nikonorov K.N. Comparative analysis of models for assessing the environmental performance of large cities. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2015; 2: 328. (In Russ.)
18. Korotkov P.A., Zagaynova Ye.A. The relationship between the level of suicide prevalence and working hours. *Statistika i ekonomika = Statistics and Economics*. 2017; 14; 4: 41–53. (In Russ.)
19. Shimanovich G. Vneshniy dolg Belarusi: opyt postsotsialisticheskikh stran. Rabochiy material Issledovatel'skogo tsentra IPM WP/09/01 = External debt of Belarus: the experience of post-socialist countries. Work material of the IPM Research Center WP / 09/01. 2009; 24 p. (In Russ.)
20. Kopnova Ye.D., Rozental' O.M. Econometric analysis of ecological management of fish resources. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2010; 2 (18): 90–100. (In Russ.)
21. Larin A.V., Tarunina Ye.N. Entrepreneurial activity and the level of economic development: a form of dependence. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2015; 37 (1): 3–26. (In Russ.)
22. Verbik M. Models based on panel data. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2006; 1: 94–135. (In Russ.)
23. Swamy P.A. V.B. and Arora S.S. The exact finite sample properties of the estimators of coefficients in the error components regression model. *Econometrica*. 1972; 40: 261–275.

24. Serov V.V., Pal'tsev M.A. Patologicheskaya anatomiya: kurs lektsiy. Uchebnoye posobiye = Pathological anatomy: course of lectures. Tutorial. Moscow: 1998. 640 p. (In Russ.)

25. Bronkhiyal'naya astma: klinicheskiye rekomendatsii = Bronchial asthma: clinical

recommendations. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation; 2016. 76 p. (In Russ.)

26. Patofiziologiya: uchebnik = Pathophysiology: a textbook. Moscow: GEOTAR-Media; 2007. 496 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Петр Анатольевич Коротков

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия
Эл. почта: korotkovpa@volgatech.net

Алексей Борисович Трубянов

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия
Эл. почта: true47@mail.ru

Анастасия Анатольевна Авдеева

Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл, Йошкар-Ола, Россия
Эл. почта: nastya_87_02@mail.ru

Алина Ильдаровна Гисмиева

Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия
Эл. почта: alina.gismieva@icloud.com

Information about the authors

Peter A. Korotkov

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia
E-mail: korotkovpa@volgatech.net

Aleksey B. Trubyanov

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia
E-mail: true47@mail.ru

Anastasiya A. Avdeeva

Maristat, Yoshkar-Ola, Russia
E-mail: nastya_87_02@mail.ru

Alina I. Gismieva

Kazan State Medical University, Kazan, Russia
E-mail: alina.gismieva@icloud.com

Методика выбора рационального метода сбора и первичной обработки информации при проведении ВПН с учетом географических и социально-экономических особенностей регионов

В статье рассматриваются вопросы применения новых информационно-коммуникационных технологий при проведении Всероссийской переписи населения, связанные с внедрением мобильных устройств и сети Интернет, которые открывают новые возможности для повышения качества и своевременности сбора и первичной обработки статистической информации о населении.

В 2010 году в Российской Федерации проводилась Всероссийская перепись населения (далее – ВПН-2010), которая имела много отличий от предыдущих переписей. Были автоматизированы все технологические этапы организации ВПН-2010 – от разработки машиночитаемых бланков переписных вопросников до подготовки публикаций с итогами.

В ходе проведения пробной переписи населения 2018 года (далее – ППН-2018) Росстат впервые осуществил комбинирование применения сети Интернет и мобильных устройств для сбора сведений о населении. Так с 1 по 10 октября проводилась Интернет-перепись для всей страны, далее с 11 по 14 октября проводилась обработка сведений, собранных в ходе Интернет-переписи, затем с 15 по 31 октября 2018 года проводился опрос переписчиками в регионах ППН-2018 с применением планшетных компьютеров и машиночитаемых документов. Однако, как показал опыт проведения ППН-2018, один метод сбора сведений о населении не может быть одинаково эффективным во всех регионах России, вследствие различного отношения населения к способам сбора сведений, а также условий доступности информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для населения в каждом из них.

Полученный опыт свидетельствует о необходимости выбора для каждого региона метода сбора и первичной обработки статистической информации о населении, основанного на комбинировании интернет, мобильных и традиционных технологий и адаптивного к региональным условиям проведения переписи населения (удаленности и труднодоступности некоторых регионов, неготовности отдельных слоев населения к применению современных информационно-коммуникационных технологий для сбора сведений, доступности сети Интернет в различных регионах, различного отношения населения к методам проведения переписи). Решение этой проблемы является важным условием повышения полноты охвата населения, точности и достоверности результатов и снижения расходов на проведение переписи населения в каждом субъекте России.

Применение новых информационно-коммуникационных технологий, связанных с внедрением мобильных устройств и сети Интернет, открывают новые возможности для повышения качества и своевременности сбора и первичной обработки статистической информации о населении. Однако с развитием технологий проведения переписей растет количество альтернативных вариантов организации ее проведения. Все это обуславливает необходимость обоснования выбора рационального метода сбора и первичной обработки статистической

информации о населении, учитывающего региональные особенности развитости и доступности ИКТ, согласие населения к взаимодействию с органами государственной власти через Единый портал государственных услуг, доступности использования ИКТ в домашних хозяйствах. Обоснованность такого выбора связывается с использованием адекватных особенностям поставленной задачи методов и моделей принятия решений.

Цель. Разработка моделей выбора рационального метода сбора и первичной обработки информации Всероссийской переписи населения для каждого региона России с применением мобильных средств и Интернет-технологий, соответствующих имеющимся технологическим условиям, особенностям организации процессов проведения ВПН с учетом региональных условий.

Материалы и методы. В процессе решения поставленных задач использовались методы системного и статистического анализа, методы кластерного анализа, экспертных оценок и систем, теории нечетких множеств. Расчеты производились с использованием пакетов прикладных программ MS Excel, статистического пакета IBM SPSS STATISTICS.

Результаты. В научной статье разработана методика и модели обоснования рационального метода сбора и обработки первичной информации в каждом регионе России, основанная на их кластеризации по признакам, характеризующим уровень развитости и доступности ИКТ для населения в каждом регионе, его согласия к взаимодействию с органами государственной власти через Единый портал государственных услуг, доступности использования ИКТ в домашних хозяйствах и выявлении соответствия возможностей альтернативных методов сбора и первичной обработки информации о населении характеристикам готовности населения, переписного персонала и территориального органа государственной статистики к проведению переписи с применением современных ИКТ и ограничениям по затратам на проведение ВПН в каждом из них.

Заключение. В статье рассматривается методика, позволяющая обеспечить выполнение основной концепции проведения Всероссийской переписи населения – обеспечить максимальный охват населения при принятии обоснованных управленческих решений в части выбора метода сбора и первичной обработки информации ВПН в каждом регионе России, учитывающего региональные особенности развитости и доступности ИКТ, согласие населения к взаимодействию с органами государственной власти через Единый портал государственных услуг, доступности использования ИКТ в домашних хозяйствах.

Ключевые слова: методика, концепция, информационно-коммуникационные технологии, Всероссийская перепись населения, сеть Интернет, Единый портал государственных услуг, ЕПГУ, мобильные средства, кластеризация, экспертная система, нечеткие множества, модель принятия решений, качественная оценка, граф, выбор метода сбора и первичной обработки информации ВПН.

Expert System for the Selection of the Rational Method for Collecting and Processing Information During Russian Census Based on Geographical and Socio-Economic Characteristics of Regions

The article considers the issues of using new information and communication technologies (ICTs) when conducting the Russian Census related to the introduction of mobile devices and the Internet, which provide new opportunities for improving the quality and timeliness of the collecting and primary processing of statistical information about the population.

In 2010, the Russian Census was conducted in the Russian Federation, which had many differences from previous censuses. All the technological stages of Russian Census – 2010 were automated starting from the development of machine-readable forms of census questionnaires and up to the preparation of publications of its outcomes.

In the course of the trial population census held in 2018, ROSSTAT first combined the use of the Internet and mobile devices for collecting the information about the population. So, from October 1 to October 10, 2018 an online census was conducted for the whole country. Then, from October 11 to October 14, 2018 the information collected during the online census was processed, from October 15 to October 31, 2018, a survey was conducted by census takers in the regions of the trial population census – 2018 with the use of tablets and machine-readable documents. However, as the experience of the trial population census – 2018 demonstrated, one method of collecting information about the population cannot be equally efficient in all regions of Russia, due to the different attitude of the population to the methods of collecting information, as well as the conditions for the availability of information and communication technologies (ICTs) to the population in each region.

The experience gained indicates the need for each region to choose the method of collecting and primary processing of statistical information about the population for each region based on a combination of Internet, mobile and traditional technologies that is adaptive to the regional conditions of the population census (remoteness and inaccessibility of some regions, the unreadiness of individual segments of the population to use modern ICTs for collecting information, Internet accessibility in various regions, different attitude of the population to census methods). The solution of this problem is an important condition for increasing the coverage of the population, the accuracy and reliability of the results and reducing the cost of conducting a census in each subject of Russia.

The use of new information and communication technologies related to introduction of mobile devices and the Internet opens up new opportunities for improving the quality and timeliness of the collection and primary processing of statistical information about the population. However, with the development of census technologies, the number of alternative options for organizing it is growing. All this makes it necessary to justify the selection of a rational method of collecting and primary processing of statistical information about the

population based on the regional characteristics of the development and accessibility of ICT, the consent of the population to interact with public authorities through the Public Services Portal, availability of ICTs in households. The validity of this choice is associated with the use of methods and decision-making models that are adequate to the peculiarities of the task.

Purpose. Development of models for the selection of the rational method of collecting and primary processing of information of the Russian Census for each region of Russia using mobile devices and Internet technologies that correspond to the existing technological environment and the specificities of organizing Russian Census processes.

Materials and methods. In the process of performing the preset tasks, methods of system and statistical analysis, expert assessment and systems, the fuzzy-set theory and cluster analysis were used. Calculations were carried out using MS Excel application software packages and IBM SPSS STATISTICS statistical software package.

Results. The scientific article describes the developed expert system and models for substantiating a rational method of collecting and processing primary information in each Russian region based on their clustering according to the features characterizing the level of ICT development and their accessibility to the population in each region, the population's consent to cooperate with governmental authorities through the Public Services Portal, accessibility of ICT use in households and identifying the compliance of possibilities provided by alternative methods of collecting and processing the information on the population to the characteristics of readiness of the population, census personnel and territorial state statistics agency for conducting a census using modern ICTs and the limitations on the cost of conducting Russian Census in each region.

Conclusion. The paper discusses the methodology that allows for the implementation of basic concept of the Russian Census, which is to ensure maximum coverage of the population while making informed management decisions on the choice of methods for collecting and primary processing of Russian Census information in each region of Russia, taking into account regional characteristics of the development and accessibility of ICTs, the consent of the population to interaction with public authorities through the Public Services Portal, access to ICTs in households.

Keywords: methodology, concept, information and communication technologies (ICTs), Russian Census, the Internet, Public Services Portal, mobile devices, clustering, expert system, fuzzy-set theory, decision making model, qualitative assessment, the selection of the method for collecting and primary processing information of the Russian Census.

Введение

Всероссийская перепись населения представляет собой планомерный, научно организованный и систематический сбор данных о явлениях и процессах общественной жизни

путем регистрации существенных признаков с целью получения в дальнейшем обобщающих характеристик этих явлений и процессов.

Основные научные подходы к формированию теории и организации проведения

переписей населения нашли отражение в работах зарубежных и отечественных ученых Т.А. Асмуса, Г. Беккера, С. Вобан, Э. Галлея, Л.М. Гохберга, А.А. Кауфмана, В.Г. Минашкина, В.С. Мхитаряна, В. Петти, П.В. Перегеева, А.В. Пеше-

хонова, И.П. Селивановского, А.И. Чупрова, А.А. Чупрова и др. В данных работах сформированы общие принципы организации и проведения переписей населения, заложены основы новых технологических подходов к сбору и первичной обработке статистической информации. Методологические положения по разработке методов сбора статистической информации о населении и автоматизации процессов ее обработки отражены в научных трудах таких отечественных ученых, как В.И. Борткевича, А.Г. Ковалевского, Н.С. Четверикова, М.А. Королева, В.В. Шуракова, В.П. Божко, Я.Л. Циписа и др. Опыт применения перспективных методов при проведении переписей населения в развитых странах дает возможность сделать ряд обобщающих выводов [1, 2].

Применение новых информационно-коммуникационных технологий, связанных с внедрением мобильных устройств и сети Интернет, открывают новые возможности для повышения качества и своевременности сбора и первичной обработки статистической информации о населении. Однако с развитием технологий проведения переписей растет количество альтернативных вариантов организации ее проведения. Все это обуславливает необходимость обоснования выбора рационального метода сбора и первичной обработки статистической информации о населении, учитывающего региональные особенности развитости и доступности ИКТ, согласие населения к взаимодействию с органами государственной власти через Единый портал государственных услуг, доступности использования ИКТ в домашних хозяйствах. Обоснованность такого выбора связывается с использованием адекватных особенностям поставленной задачи методов и моделей принятия решений.

Опыт последней ВПН-2010 показал необходимость модернизации подходов к проведению переписей населения, без которых уже невозможно достичь главной ее цели — получения полной и достоверной картины современного общества.

Это же показал опыт проведения ППН-2018, один метод сбора сведений о населении с применением планшетных компьютеров и сети Интернет не может быть одинаково эффективным во всех регионах России, вследствие различного отношения населения к способам сбора сведений, а также условий доступности информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для населения в каждом из них.

С учетом анализа международного опыта [3] и существующих практик Росстата [4] рассмотрены и усовершенствованы методы сбора и обработки информации переписи населения с применением современных ИКТ.

1. Последовательный метод.

Основан на разделении этапов самозаполнения населением электронных переписных вопросников (далее — ЭПЛ) при проведении Интернет-переписи и переписи населения с применением мобильных средств переписчиками в период обхода адресов проживания тех, кто не принял участие в Интернет-переписи (с контрольным обходом адресов, принявших участие в Интернет-переписи). Однако данный метод существенно ограничивает по времени период проведения Интернет-переписи и переписи путем обхода населения переписчиками ввиду того, что общий период проведения ВПН остается неизменным. При проведении ППН-2018 отводилось 10 дней на проведение Интернет-переписи, 4 дня на обработку итогов Интернет-переписи и 14 дней проведении «полевой» населения переписчиками.

2. Одновременный метод.

Предполагает одновременное проведение Интернет-переписи и «полевой» переписи населения переписчиками. В ходе информационно-разъяснительной компании всему населению предлагается принять участие в Интернет-переписи путем самозаполнения ЭПЛ на ЕПГУ. Одновременно проходит опрос населения переписчиками с применением мобильных устройств. Период переписи составляет месяц и контрольные мероприятия 4 дня. Однако данный метод может быть более затратным, так как необходим найм переписчиков для проведения опроса во всех адресах проживания населения. Уровень охвата населения Интернет-переписью является прогнозным.

3. Локализованный метод.

Предлагается разделение помещений (локализацию) на группы для прохождения Интернет-переписи и опроса путем обхода помещений переписчиками. Перед проведением переписи должна проводиться работа, по результатам которой выделяются наиболее перспективные, с точки зрения востребованности населением ЕПГУ и наличия сети Интернет, адреса. Населению, проживающему по данным адресам через электронную почту, зарегистрированную на Портале ЕПГУ, сразу предлагается пройти перепись путем самозаполнения ЭПЛ на ЕПГУ. Этот способ применим столичных регионах и в крупных городах, с высоким уровнем жизни и где население не охотно идет на контакт с переписчиками. Это дает возможность увеличить численность населения, самостоятельно принявшего участие в Интернет-переписи, к остальному населению идут переписчики по адресам проживания для сбора сведений с применением мобильных устройств. Период переписи составляет три недели и одна неделя — контрольные мероприятия.

4. Классический метод.

Метод сбора и обработки сведений о населении на классических машиночитаемых бумажных переписных листах (МЧД). Предлагается применять там, где нет возможности использовать современных ИКТ для сбора сведений о населении.

Однако с учетом социально-экономических особенностей ряда регионов (неразвитая ИКТ-инфраструктура для проведения Интернет-опроса, труднодоступные регионы, регионы в которых невозможно проведение ВПН в общее время для всей страны, неготовность определенной части респондентов принять участие в Интернет-переписи в единое время для всей страны или других причин) обоснован выбор в отдельном регионе России другого метода сбора и первичной обработки информации ВПН. Данное обстоятельство требует разработки математических моделей выбора методов сбора и первичной обработки информации ВПН с применением мобильных средств и Интернет-технологий с учетом многокритериальности решаемой задачи и необходимости уточнения социально-экономических характеристик регионов России.

Принимая во внимание тот факт, что каждый из методов сбора и первичной обработки информации имеет свои сильные и слабые стороны, целесообразно осуществить их выбор в определенном сочетании с позиции достижения высокого качества формирования статистической информации и с учетом выделенного бюджета для каждого региона России на основе кластеризации регионов России по характерным признакам, а также на основе анализа качественных характеристик готовности населения, переписного персонала и территориального органа государственной статистики с применением модели нечеткой оценки.

Методика выбора рационального метода сбора и обработки информации при проведении ВПН

Принимая во внимание тот факт, что каждый из методов сбора и первичной обработки информации ВПН имеет свои сильные и слабые стороны, целесообразно осуществить выбор определённого метода для каждого региона России с учетом анализа качественных факторов, учитывающих региональные особенности развитости и доступности ИКТ, согласие населения к взаимодействию с органами государственной власти через Единый портал государственных услуг,

доступности использования ИКТ в домашних хозяйствах.

Структурная блок-схема методики выбора рационального метода приведена на рис. 1.

Решение задачи [5–7] о выборе рационального метода сбора и первичной обработки информации о населении сводится к выбору одной или нескольких лучших альтернатив набора методов с помощью разработанной методики, которая позволяет выполнить кластеризацию регионов с учетом групп однородных признаков: развитости и доступности ИКТ для населения в каждом регионе, его согласия к взаимодействию с органами государственной власти через Единый

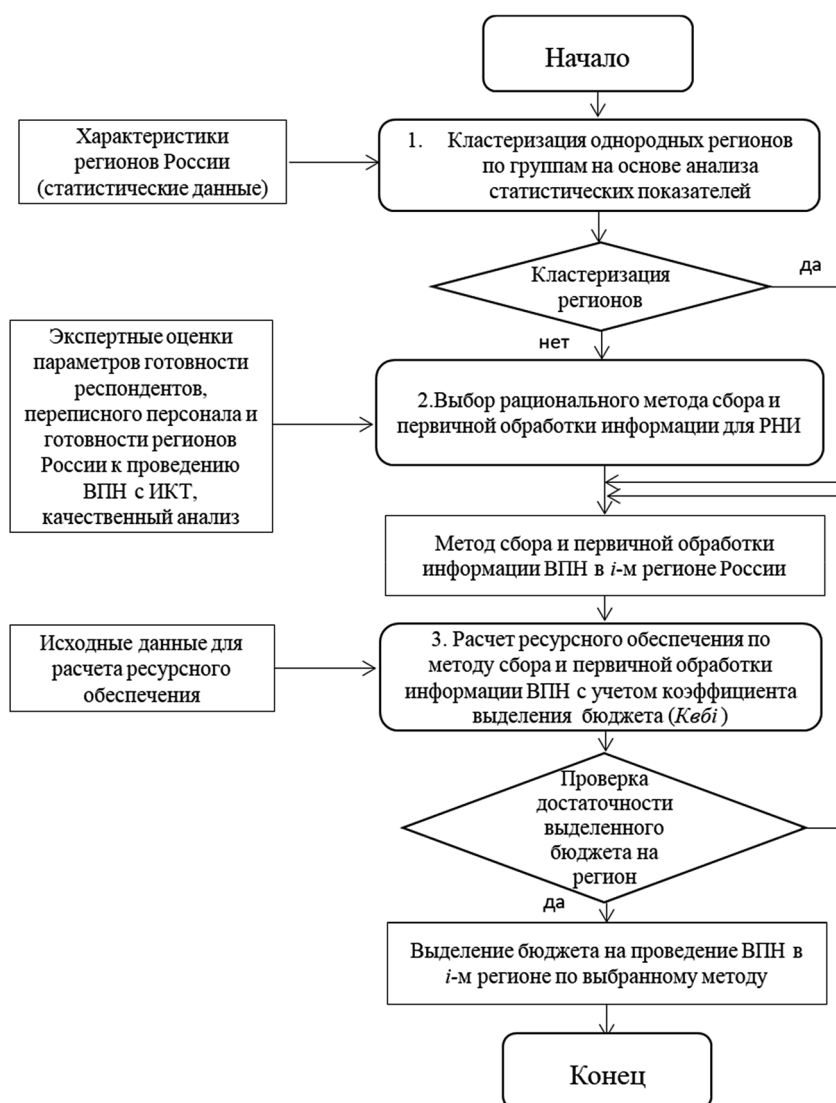


Рис. 1. Структурная блок-схема методики выбора рационального метода сбора и обработки информации при проведении ВПН в каждом регионе России

портал государственных услуг; доступности использования ИКТ в домашних хозяйствах и в дальнейшем возможности провести качественную оценку нечетких характеристик готовности населения, переписного персонала и территориального органа государственной статистики к проведению переписи населения с применением современных ИКТ; отношении населения к участию в переписи по определенному методу сбора и первичной обработки информации ВПН, а также провести количественную оценку бюджета на проведение ВПН в каждом регионе России.

На первом этапе методики выполняется кластеризация регионов России, по которым достаточно статистической информации для группировки по признакам развитости и доступности ИКТ для населения в каждом регионе, его согласия к взаимодействию с органами государственной власти через Единый портал государственных услуг и доступности использования ИКТ в домашних хозяйствах. Для каждой из данных групп регионов России определяется предпочтительный метод сбора и первичной обработки информации ВПН с применением мобильных средств и сети Интернет.

На втором этапе методики для регионов России, по которым недостаточно статистической информации для выбора предпочтительного метода по результатам кластеризации, определяется рациональный метод сбора и первичной обработки информации с применением модели принятия решений с учетом нечетких характеристик готовности населения, переписного персонала и территориального органа государственной статистики к проведению переписи населения с применением современных ИКТ, а также отношения населения к участию в переписи

си по определенному методу сбора и первичной обработки информации ВПН.

На третьем этапе методики производится расчёт использования ресурсов (трудовых, временных, стоимостных) с учетом вероятности рисков отказа наемного персонала в отдельных регионах России, стоимостных затрат на развитие архитектуры информационно-вычислительной системы (ИВС), а также выполняется проверка достаточности выделенного бюджета на проведение переписи в каждом регионе России в сравнении с нормативными затратами по классическому методу проведения переписи населения. Если расчет ресурсов по выбранному методу в регионе превышает нормативные затраты по «классическому» методу проведения переписи населения, производится уточнение метода сбора и первичной обработки информации о населении.

Далее рассмотрим подробно каждый этап методики выбора рационального метода сбора и первичной обработки информации ВПН.

Кластеризации регионов России с учетом анализа однородных признаков

С учетом анализа статистических данных выборочного федерального статистического наблюдения по вопросам использования населением информационных технологий и информационно-телекоммуникационных сетей в работе обосновывается необходимость группировки ряда регионов по методам сбора и обработки первичной информации в зависимости от признаков развитости и доступности ИКТ для населения в каждом регионе, его согласия к взаимодействию с органами государственной власти через Единый портал государственных услуг и доступности использования ИКТ в домашних хозяйствах. Процесс анализа данных признаков регионов подразумевает кластеризацию регионов, где каждый кластер, который определяет применение метода сбора и обработки первичной информации, будет соответствовать набору приблизительно оди-



Рис. 2. Древовидная структура системы оценок (статистических данных) для кластеризации регионов России

наковых признаков регионов и набору близких для проживающего в них населения характеристик.

Из [5] известно, кластеризация – это группировка определённых объектов (явлений, фактов) на основе определённых данных, описывающих характерные свойства данных объектов, т.е. регионы России внутри своего кластера должны иметь общие характерные свойства, которые отличают их от регионов, которые вошли в другие кластеры. В этой связи предлагается кластеризация регионов России по двенадцати параметрам, характеризующим доступность к электронным государственным услугам, наличие доступа к сети Интернет, использование ИКТ в домашних хозяйствах, регистрацию респондентов на порталах государственных и муниципальных услуг, развитость и доступность ИКТ для населения в каждом регионе.

Исходя из этой постановки задачи, исходные данные (характерные свойства регионов России) для кластеризации целесообразно представить в виде совокупности оценок (статистических данных) по каждому из указанных факторов, показанных на рис. 2. Каждая группа статистических данных по i -му признаку состоит из группы значений по 82-регионам, которые собраны в 12-мерный вектор строку $x_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}]$, где i – признак, $i = 1, n$, $j = 1, n$ – регионы России.

$$X_n = \begin{pmatrix} x_{11}, x_{1j}, \dots, x_{1n} \\ x_{i1}, x_{ij}, \dots, x_{in} \\ \vdots \\ x_{N1}, x_{Nj}, \dots, x_{Nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Древовидная структура системы оценок (статистических данных) для кластеризации регионов России показана на рис. 2.

Рассмотрено решение задачи распределения регионов России по кластерам с использованием статистического па-

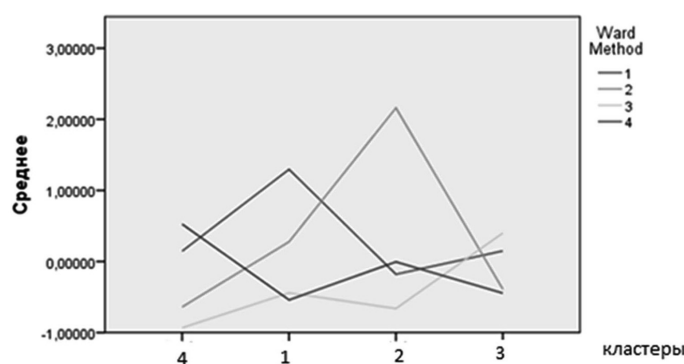


Рис. 3. Графики средних значений распределения кластеров регионов России (по вертикали – значения факторов, полученных в результате факторного анализа)

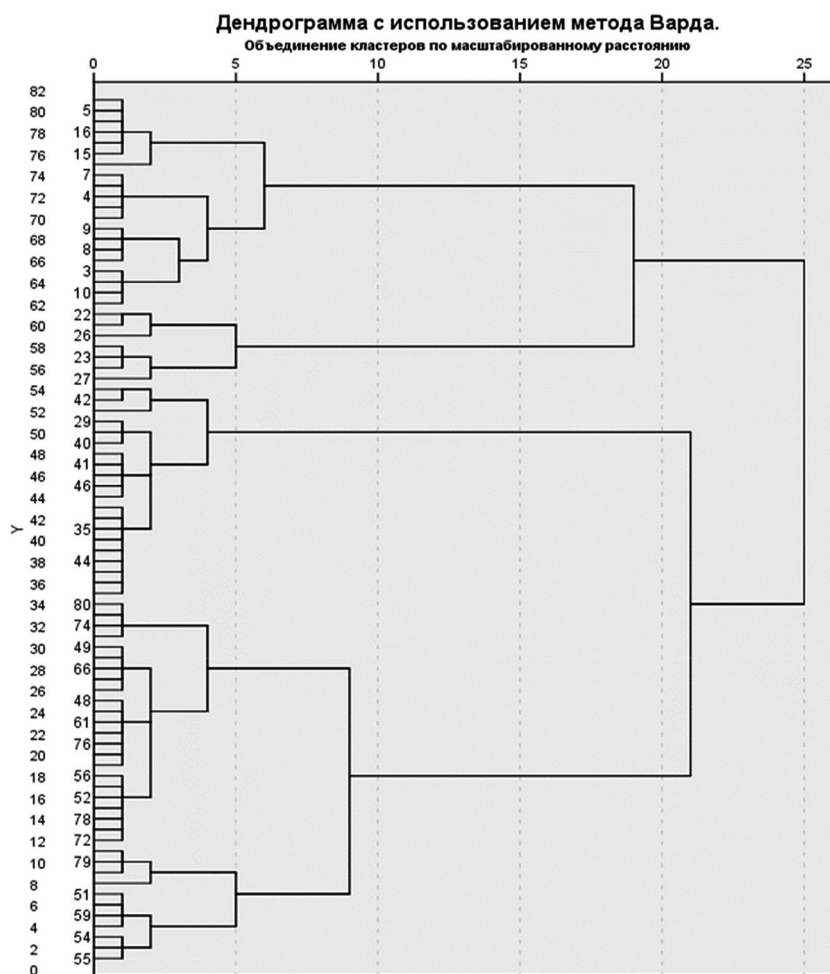


Рис. 4. Определение числа кластеров по методу Варда

кета SPSS.

Предварительно проведен факторный анализ (метод главных компонент) – по результатам которого система оценок приведена к новой системе координат (4 главных компоненты вместо исходных 12 переменных, указанных на рис. 2, которые объясняют 72%

дисперсии исходных данных).

Далее с помощью иерархической кластеризации (метод Варда) получено 4 кластера регионов России. На рис. 3 показан график средних значений распределения кластеров регионов России (для интерпретации названий кластеров).

На дендрограмме рис. 4 по-

Таблица 1

Результаты отнесения метода сбора в регионах России по выделенным признакам кластеров

Номер кластера	Характеристики регионов России	Количество регионов
1	Наиболее активно пользуются электронными Гос.услугами	20
2	Высокий уровень доступности и востребованности Интернета, низкая активность пользования электронными Гос.услугами	34
3	Наиболее высокий уровень технической/финансовой недоступности Интернета	7
4	Интернет не востребован, низкая активность пользования электронными Гос.услугами	14
5	Труднодоступные регионы/районы России.	7

Таблица 2

Результат соответствия метода сбора и первичной обработки информации каждому кластеру регионов России

Метод 1 (последовательный)	Метод 2 (параллельный)	Метод 3 (локализованный)	Метод 4 (классический)	Кластер
+				1
		+		2
	+			3
			+	4
			+	5

казано определение числа кластеров по методу Варда.

В табл. 1 приведены результаты отнесения регионов России по признакам иерархической кластеризации.

В каждом кластере включены регионы, наиболее близко расположенные в пространстве факторов, полученных в результате факторного анализа.

В табл. 2 по результатам кластеризации для каждого из регионов России представлен результат логического назначения каждому кластеру регионов предпочтительного метода сбора и первичной обработки информации ВПН.

В частности, кластеру № 1 соответствуют столичные регионы и крупные промышленные регионы России, в которых респонденты с одной стороны наиболее активно пользуются государственными услугами в электронном виде, а с другой — не желают общаться с переписчиками лично.

Кластеру 2 соответствуют развитые регионы высоким уровнем доступности и востребованности сети Интернет и низкой активностью пользова-

ния государственными услугами в электронном виде.

Кластеру 3 соответствуют регионы с наиболее высоким уровнем технической/финансовой недоступности сети Интернет.

Кластеру 4 соответствуют регионы, в которых Интернет не востребован, а также наблюдается низкая активность пользования государственными услугами.

Кластеру 5 относятся труднодоступные регионы/районы России, такие как Камчатский край, Магаданская обл., республика Якутия, Чукотский АО, Сахалинская обл., (а также в данный кластер попадут труднодоступные районы в других регионах, которые не попали ни в один из перечисленных выше кластеров и решение о применении того или иного метода сбора и первичной обработки информации при проведении ВПН принимается на основании качественной оценки параметров данных труднодоступных районов).

В случае, если регион России, по которому недостаточно статистической информации

для выбора предпочтительного метода по результатам кластеризации, применяется модель принятия решений для выбора метода сбора и первичной обработки информации ВПН на основе применения аппарата теории нечетких множеств. Данные регионы исключаются из кластеризации и называются регионы с недостаточной информацией для кластеризации (РНИ).

Модель принятия решений для выбора метода сбора и первичной обработки информации ВПН в регионе России

Задача принятия управленческих решений — одна из самых востребованных в любой прикладной области [7,9,10,19]. Ее решение сводится к набору правил для выбора одной или нескольких наиболее оптимальных альтернатив из некоторого множества данных.

В предыдущем разделе рассмотрена кластеризация регионов России по характерным свойствам на основе статистических данных. Однако не по все регионы можно однозначно отнести к той или иной группе при кластеризации в виду недостаточности исходных данных для этого. К этим регионам России (РНИ — регионы или районы с недостаточной информацией), предлагается применить модель принятия решений по выбору рационального метода сбора и первичной обработки информации ВПН на основе аппарата теории нечетких множеств, которая позволяет учесть характеристики готовности населения, переписного персонала и территориального органа государственной статистики на с учетом экспертной интерпретации данных анкетирования регионов.

Выделим основные факторы, на основании качественного анализа характеристик

которых будет построен выбор рационального метода сбора и первичной обработки информации ВПН в РНИ.

Выбор рационального метода имеет следующие ключевые факторы (подцели решения задачи):

А) — готовность населения (респондентов, зарегистрированных на Портале ЕПГУ) к участию в Интернет-переписи;

В) — готовность переписного персонала к проведению ВПН с планшетными компьютерами (ПК);

С) — готовность ТОГС (Территориального органа государственной статистики) к проведению ВПН с ПК.

Выбор метода сбора и первичной обработки информации ВПН в отдельном регионе России осуществляется на основе набора правил экспертной системы, интерпретирующей готовность региона к проведению ВПН с применением информационно-коммуникационных технологий.

Принципиальная модель принятия решений для выбора метода в виде графа «И-ИЛИ» представлена на рис. 5.

Граф «И-ИЛИ» позволяет отражать в виде структуры функциональные зависимости выбранных целевых переменных от выявленных в результате проведенного анализа факторов [10, 11, 18]. В этом графе каждая вершина-фактор, за исключением окончательных переменных, представляет собой целевую переменную, а определяющие его зависимые вершины-аргументы — связанные с ней подчиненные факторы.

Таким образом, анализ набора правил принятия решений в виде графа «И-ИЛИ» отражает в обобщенной форме процесс оценки факторов, влияющих на выбор рационального метода сбора и обработки информации при переписи населения в РНИ.

Представленной на рис. 5 модели принятия решений для выбора метода в виде графа «И-ИЛИ» соответствуют следующие подзадачи.

А) оценка готовности населения к участию в Интернет-переписи на основе следующих характеристик:

а.1 — удобство использования ЕПГУ (Единого Портала государственных услуг) для участия в Интернет-переписи населения;

а.2 — возможность прохождения Интернет-переписи на ЕПГУ;

а.3 — доверие к обработке конфиденциальных данных на ЕПГУ;

а.4 — сложность электронного вопросника переписи населения для самостоятельного заполнения респондентами на ЕПГУ;

а.5 — необходимость мотивации участия в переписи населения на ЕПГУ.

В) готовность переписного персонала к проведению ВПН с ПК на основе следующих характеристик:

б.1 — сложность электронного вопросника для проведения опроса населения на планшетном компьютере для переписного персонала;

б.2 — удобство интерфейса вопросника переписи насе-

ления на планшетном компьютере;

б.3 — опыт участия в других обследованиях Росстата на планшетных компьютерах;

б.4 — риски отказа респондентов от участия в переписи населения на планшетных компьютерах;

б.5 — риски по порче или утрате планшетных компьютеров в ходе проведения опроса.

С) готовность ТОГС к проведению ВПН с ПК на основе следующих характеристик:

с.1 — качество методического материала для обучения привлекаемого персонала для работы на планшетных компьютерах;

с.2 — сложность подбора персонала для проведения опроса населения на планшетных компьютерах;

с.3 — риски отказа переписного персонала в ходе проведения переписи населения.

с.4 — наличие труднодоступных районов, в которых применение планшетных компьютеров невозможно по объективным причинам (невозможность подзарядить ПК, транспортная недоступность, аномальные природные условия, или др. причины).

с.5 — безопасность процесса проведения переписи населения для персонала с планшетными компьютерами в регионе (отдельном районе).

Данные для качественных оценок параметров предлагается получать по результатам предварительного анкетирования:

— по параметру А) Оценка готовности респондентов к участию в Интернет-переписи — размещение анкеты на ЕПГУ за 3 месяца до проведения Интернет-переписи;

— по параметру В) Готовность переписного персонала к проведению ВПН с мобильными устройствами — проведение анкетирования штатными сотрудниками ТОГС привлекаемого персонала для проведения опросов населения



Рис. 5. Принципиальная модель набора правил принятия решений для выбора метода сбора и первичной обработки информации ВПН в РНИ

Таблица решений по оценке переменных А, В, С

Подцель	Параметры	Интервальное значение параметра	Коэффициент уверенности подцели (cf)
А. Готовность респондентов участию в Интернет-переписи	a1 – удобство использования ЕПГУ для участия в ИП населения	a1 = 0	A+= “готов” cf 0
		a1 > 0 и a1 < 0,6	A+= “готов” cf 10
		a1 ≥ 0,6 и a1 ≤ 1	A+= “готов” cf 20
	a2 – возможность прохождения ИП на ЕПГУ	a2 = 0	A+= “готов” cf 0
		a2 > 0 и a2 < 0,5	A+= “готов” cf 15
		a2 ≥ 0,5 и a2 ≤ 1	A+= “готов” cf 30
	a3 – доверие к обработке конфиденциальных данных на ЕПГУ	a3 = 0	A+= “готов” cf 0
		a3 > 0 и a3 < 0,6	A+= “готов” cf 10
		a3 ≥ 0,6 и a3 ≤ 1	A+= “готов” cf 20
	a4 – сложность электронного вопросника переписи населения для самостоятельного заполнения респондентами на ЕПГУ	a4 = 0	A+= “готов” cf 0
		a4 > 0 и a4 < 0,5	A+= “готов” cf 10
		a4 ≥ 0,5 и a4 ≤ 1	A+= “готов” cf 20
	a5 – необходимость мотивации участия в ИП на ЕПГУ	a5 = 0	A+= “готов” cf 30
		a5 > 0 и a5 < 0,5	A+= “готов” cf 15
		a5 ≥ 0,5 и a5 ≤ 1	A+= “готов” cf 0
В. Готовность переписного персонала к проведению ВПН с ПК	b1 – сложность электронного вопросника для проведения опроса населения на ПК для переписного персонала.	b1 = 0	B+= “готов” cf 0
		b1 > 0 и b1 < 0,6	B+= “готов” cf 10
		b1 ≥ 0,6 и b1 ≤ 1	B+= “готов” cf 20
	b2 – удобство интерфейса вопросника переписи населения на ПК	b2 = 0	B+= “готов” cf 0
		b2 > 0 и b2 < 0,5	B+= “готов” cf 15
		b2 ≥ 0 и b2 ≤ 1	B+= “готов” cf 30
	b3 – опыт участия в других обследованиях Росстата на ПК.	b3 = 0	B+= “готов” cf 0
		b3 > 0 и b3 < 0,3	B+= “готов” cf 20
		b3 ≥ 0,3 и b3 ≤ 1	B+= “готов” cf 40
	b4 – риски отказа респондентов от участия в переписи населения на ПК.	b4 = 0	B+= “готов” cf 30
		b4 > 0 и b4 < 0,7	B+= “готов” cf 15
		b4 ≥ 0,7 и b4 ≤ 1	B+= “готов” cf 0
	b5 – риски по порче или утрате ПК в ходе проведения опроса	b5 = 0	B+= “готов” cf 30
		b5 > 0 и b5 < 0,5	B+= “готов” cf 15
		b5 ≥ 0,5 и b5 ≤ 1	B+= “готов” cf 0
С. Готовность ТОГС к проведению ВПН с ПК	c1 – качество методического материала для обучения привлекаемого персонала для работы на ПК.	c1 = 0	C+= “готов” cf 0
		c1 > 0 и c1 < 0,6	C+= “готов” cf 15
		c1 ≥ 0,6 и c1 ≤ 1	C+= “готов” cf 30
	c2 – сложность подбора персонала для проведения опроса населения на ПК.	c2 = 0	C+= “готов” cf 0
		c2 > 0 и c2 < 0,5	C+= “готов” cf 20
		c2 ≥ 0,2 и c1 ≤ 1	C+= “готов” cf 40
	c3 – риски отказа переписного персонала в ходе проведения переписи населения.	c3 = 0	C+= “готов” cf 30
		c3 > 0 и c3 < 0,7	C+= “готов” cf 15
		c3 ≥ 0,7 и c3 ≤ 1	C+= “готов” cf 0
	c4 – наличие труднодоступных районов, в которых применение планшетных компьютеров невозможно по объективным причинам (не возможность подзарядить ПК, транспортная недоступность, аномальные природные условия, или др. причины).	c4 = 0	C+= “готов” cf 20
		c4 > 0 и c4 < 0,5	C+= “готов” cf 10
		c4 ≥ 0,5 и c3 ≤ 1	C+= “готов” cf 0
	c5 – безопасность процесса проведения переписи населения для персонала с ПК в регионе (отдельном районе).	c5 = 0	C+= “готов” cf 0
		c5 > 0 и c5 < 0,6	C+= “готов” cf 15
		c5 ≥ 0,6 и c5 ≤ 1	C+= “готов” cf 30

в каждом регионе России за 2 месяца до начала переписи;

– по параметру С) Готовность ТОГС к проведению ВПН с ИКТ – проведение анкетирования штатных сотруд-

ников, задействованных для организации проведения переписей населения в РНИ.

Предлагается использовать статическую экспертную систему, основанную на об-

работке лингвистических переменных для качественного оценивания факторов, представленных в графе «И-ИЛИ».

Оценки по перечисленным подцелям формируются

с помощью таблиц решений, в которой каждая строка есть правило, определяющее зависимость значений анализируемых характеристик от конъюнкции факторов.

Выбор рационального метода [19,20] сбора и первичной обработки информации при проведении ВПН в РНИ по факторам A, B, C осуществляется с помощью нечетких правил оценки коэффициента уверенности cf переменных подцелей, представленных в таблице решений 3. Интервальные значения оцениваемых параметров заданы экспертным методом. Значения оцениваемых параметров конкретных регионов получают путем качественной интерпретации на шкалах суммарных оценок респондентов, заполняющих анкеты.

Общая оценка готовности к проведению ВПН с ИКТ по подцелям $X \in \{A, B, C\}$ осуществляется по рекурсивной процедуре:

$$\begin{aligned} 1. CF_{рез_i}(X) &= CF(X_i) \\ 2. CF_{рез_i}(X) &= \\ &= \sum_{i=1}^n (CF_{рез_{i-1}}(X_i) + CF(X_i) - \\ &- CF_{рез_{i-1}}(X_i) * CF(X_i) / 100) \quad (2) \end{aligned}$$

где $x \in X$ – параметр x_i подцели X , $i = 1, n$, $CF(X_i)$ – коэффициент уверенности x_i параметра, $CF_{рез_i}(X)$ – итоговый коэффициент уверенности подцели X , с учетом i -го параметра.

Аналогично по представленной рекурсивной процедуре определяется коэффициент уверенности целевой перемен-

ной G – «Готовность региона к проведению ВПН с ИКТ» CF_g по полученным коэффициентам уверенности подцелей CF_a, CF_b, CF_c .

В результате с помощью модели принятия решений предлагается производить выбор метода сбора и первичной обработки информации ВПН в регионе России, для которого не был однозначно сделан выбор метода на предыдущем этапе методики.

Заключение

Вместо ранее применявшегося одного традиционного метода сбора информации о населении на машиночитаемых бумажных переписных листах [3] предлагается определять предпочтительный метод сбора и первичной обработки информации о населении в регионах России на основе результатов кластеризации по статистическим параметрам, характеризующим особенности взаимодействие населения с государственными органами власти и местного самоуправления, уровню использования ИКТ в домашних хозяйствах, регистрации респондентов на порталах государственных и муниципальных услуг, доступности для населения сети Интернет в каждом регионе.

В соответствии с концепцией проведения ВПН в условиях региональных различий, влияющих на качество сбора и первичной обработки информации ВПН с использованием мобильных средств и Интер-

нет-технологий возникает необходимость по оптимизации расходов на проведение ВПН на основе выбора рациональных методов сбора и обработки первичной информации, что позволяет повысить максимальный охват населения при проведении переписи населения и оперативно получить достоверную статистическую информацию о населении [17] с одновременной минимизацией затрат на организационно-техническую схему проведения переписи населения в каждом регионе России.

Методика выбора рационального метода сбора и первичной обработки информации Всероссийской переписи населения с применением современных ИКТ на основе кластеризации регионов по двенадцати параметрам, характеризующим доступность к электронным государственным услугам, наличие доступа к сети Интернет, использование ИКТ в домашних хозяйствах, регистрацию респондентов на порталах государственных и муниципальных услуг, развитость и доступность ИКТ для населения в каждом регионе и анализа качественных характеристик развитости и доступности ИКТ для населения, готовности респондентов к участию в Интернет-переписи, готовности переписного персонала и штатного персонала территориальных органов государственной статистики к проведению ВПН с применением современных ИКТ целесообразно использовать на этапе подготовки к ВПН.

Литература

1. Андреев Е.М. О точности результатов российских переписей населения и степени доверия к разным источникам информации // Вопросы статистики. 2012. № 11. С. 21–35.
2. Клупт Н. А., Никифоров О. Н., Альтернативные методы проведения переписей в России, применимы ли они? // Вопросы статистики. 2010. № 9. С. 3–8.
3. Методология переписи: основные результаты проведенного ЕЭК ООН опроса по

практике проведения странами переписей и первоначальные предложения в отношении рекомендаций КЕС по проведению цикла переписей 2020 года. Записка Целевой группы ЕЭК ООН по методологии переписи. Европейская экономическая комиссия. Конференция европейских статистиков. Группа экспертов по переписям населения и жилищного фонда. Пятнадцатое совещание. Женева, 30 сентября – 3 октября 2013 года Пункт 2 предварительной повестки дня.

4. Суринов, А.Е. Всероссийская перепись населения: опыт и перспективы. [Электрон. ресурс]. Доклад на научно-практической конференции, Росстат, 27–28 ноября 2012 г. Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm.
5. Болотова Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях. М.: Финансы и статистика, 2012.
6. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем. М.: Финансы и статистика (Инфра-М), 2010.
7. Тельнов Ю.Ф., Трембач В.М. Интеллектуальные информационные системы. М.: МЭСИ, 2010.
8. Винтизенко И.Г., Черкасов А.А., Математические методы в экономике // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2011. № 2.
9. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000. 368 с.
10. Манжула О.В. Экспертная система выбора методов сбора и обработки информации Всероссийской переписи населения с учетом географических и социально-экономических особенностей регионов // Информационное общество. 2016. № 3. С. 57–66.
11. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов: компонентная методология. М.: «Финансы и статистика», 2004. 319 с.
12. Романов А.Н., Одинцов Б.Е. Информационные системы в экономике. 2-е издание. М.: Вузовский учебник, 2008.
13. Божко В.П., Лури А.В., Сычев Е.Б. Совершенствование процессов проведения статистических переписей и обследований. М.: МЭСИ, 2008. 129 с.
14. Власов С.А., Девятков В.В., Кобелев Н.Б. Имитационные исследования: от классических технологий до облачных вычислений // Пятая всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование, теория и практика. СПб.: ОАО ЦТСС. 2011. Т. 1. С. 42–50.
15. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Изд-во «Юрайт», серия «Университеты России», 2010. 679 с.
16. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Изд-во «Юрайт», 2012. 610 с.
17. Всероссийский центр изучения общественного мнения. Итоги переписи 2010. Пресс-выпуск. 2010. № 1621. 1 с.
18. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Математические методы в экономике», «Прикладная информатика», 2-е изд. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 423 с.
19. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталев Е.Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе. М.: Финансы и статистика, 2000. 176 с.
20. Девятков Т. В. Некоторые вопросы создания систем автоматизации имитационных исследований // Прикладная информатика. 2010. № 5 (29). С. 102–116.

References

1. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya Respubliki Mariy El v 2018 godu: Doklad. Yoshkar-Ola: Upravleniye Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po Respublike Mariy El = On the state of the sanitary-epidemiological well-being of the population of the Republic of Mari El in 2018: Report. Yoshkar-Ola: Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Republic of Mari El, 2019. 227 p. (In Russ.)
2. Varaksin A.N. Statisticheskiye modeli regressionnogo tipa v ekologii i meditsine = Statistic models of regression type in ecology and medicine. Yekaterinburg: Goshchitsky; 2006. 255 p. (In Russ.)
3. Sitnikova O.O. Assessment of environmental risks to public health in medical and demographic processes during anthropogenic air pollution (on the example of the Belgorod region). Materialy VI Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii «Studencheskiy nauchnyy forum» = Materials of the VI International Student Scientific Conference “Student Scientific Forum”. 2014. (In Russ.)
4. Veremchuk L.V., Cherpak N.A., Gvozdenko T.A., Volkova M.V. Methodology for assessing the effect of air pollution on the formation of levels of the general incidence of bronchial asthma. Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation. 2015; 94; 3: 119–122. (In Russ.)
5. Kurkatov S.V., Tikhonova I.V., Ivanova O.Yu. Risk assessment of the effects of atmospheric pollution on the health of the population of Norilsk. Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation. 2015; 94; 2: 28–31. (In Russ.)
6. Kanatnikova N.V., Yegorova N.A. The effect of hardness of drinking water on the incidence of the population of the city of Orel. Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation. 2017; 96; 3: 235–240. (In Russ.)
7. Luchaninova V.N., Tsvetkova M.M., Veremchuk L.V., Krukovich Ye.V., Mostovaya I.D. The health status of children and adolescents and factors affecting its formation. Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation. 96; 6: 561–568. (In Russ.)

8. Malysh N.G., Doan S.I. The use of factor analysis in the study of the epidemic process of acute intestinal infections. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2017; 96; 6: 519–523. (In Russ.)
9. Kiku P. F., Izmaylova O.A. Gorborukova T.V., Anan'yev V.Yu. The influence of environmental and hygienic environmental factors on the spread of respiratory diseases in the population of Primorsky Krai. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2012; 5. (In Russ.)
10. Trifonova T.A., Martsev A.A. Evaluation of the effect of air pollution on the incidence of the population of the Vladimir region. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2015; 94; 4. (In Russ.)
11. Zaykova Z.A., Burdukovskaya A.V., Belykh A.I. Determination of priority adverse environmental factors. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2016; 95; 12. (In Russ.)
12. Izmaylova O.A., Kiku P.F., Yarygina M.V., Moreva V.G., Anan'yev V.Yu., Kosolapov A.B. Hygienic aspects of the spread of environmentally dependent diseases in children and adolescents of the Primorsky Territory. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2016; 95; 11. (In Russ.)
13. Shcherbo A.P. Okruzhayushchaya sreda i zdorov'ye: podkhody k otsenke riska = Environment and health: risk assessment approaches. Saint Petersburg: SPbMAPO; 2002. 376 p. (In Russ.)
14. Gorodskiye okruga i munitsipal'nyye rayony Respubliki Mariy El: statisticheskiy sbornik = . Urban districts and municipal districts of the Republic of Mari El: statistical compilation. Yoshkar-Ola: Maristat; 2017. 266 p. (In Russ.)
15. Respublika Mariy El v tsifrakh: Kratkiy statisticheskiy sbornik = The Republic of Mari El in numbers: A brief statistical compilation. Yoshkar-Ola: Maristat. 2019; 385 p. (In Russ.)
16. Katsnel'son B.A., Kosheleva A.A., Privalova L.I., Kuz'min S.V., Malykh O.L., Khal'fin R.A., Nikonov B.I., Ozkaynak KH., Shu Dzh. The effect of short-term increases in air pollution on population mortality. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation*. 2000; 1: 15-18. (In Russ.)
17. Korotkov P.A., Trubyanov A.B., Zagaynova Ye.A., Nikonorov K.N. Comparative analysis of models for assessing the environmental performance of large cities. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2015; 2: 328. (In Russ.)
18. Korotkov P.A., Zagaynova Ye.A. The relationship between the level of suicide prevalence and working hours. *Statistika i ekonomika = Statistics and Economics*. 2017; 14; 4: 41–53. (In Russ.)
19. Shimanovich G. Vneshniy dolg Belarusi: opyt postsotsialisticheskikh stran. Rabochiy material Issledovatel'skogo tsentra IPM WP/09/01 = External debt of Belarus: the experience of post-socialist countries. Work material of the IPM Research Center WP / 09/01. 2009; 24 p. (In Russ.)
20. Kopnova Ye.D., Rozental' O.M. Econometric analysis of ecological management of fish resources. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2010; 2 (18): 90–100. (In Russ.)
21. Larin A.V., Tarunina Ye.N. Entrepreneurial activity and the level of economic development: a form of dependence. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2015; 37 (1): 3–26. (In Russ.)
22. Verbik M. Models based on panel data. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*. 2006; 1: 94–135. (In Russ.)
23. Swamy P.A. V.B. and Arora S.S. The exact finite sample properties of the estimators of coefficients in the error components regression model. *Econometrica*. 1972; 40: 261–275.

Сведения об авторе

Олег Владимирович Манжула

Заместитель начальника управления
информационных ресурсов и технологий,
Федеральная служба государственной
статистики, Москва, Россия
Эл. почта: mailto:manzhula@gks.ru

Information about the author

Oleg V. Manzhula

Deputy Head of the Department of Information
Resources and Technologies,
Federal State Statistic Service,
Moscow, Russia
E-mail: mailto:manzhula@gks.ru

Применение модифицированного метода муравьиных колоний для поиска рационального назначения сотрудников на задачи с применением нечетких множеств*

Цель исследования. Целью исследования является выработка рекомендаций по выбору параметров модификации метода муравьиных колоний при поиске рационального решения задачи назначения работников на работы при условии задания времени выполнения работы с применением нечетких множеств и учета времени взаимодействия между работниками, назначенными на одну задачу. Предложен алгоритм работы модификации метода муравьиных колоний. Рассмотрены различные алгоритмы остановки модифицированного метода муравьиных колоний.

Материалы и методы исследования. Применение, разработанного для поиска пути коммивояжера, метода муравьиных колоний для задачи назначения требует создания «графа решений» и некоторых модификаций алгоритма, связанных с занесением весов (феромона) на граф. В работе предлагается создать граф решений путем создания набора вершин, определяющих назначение работника на задачи, для каждого работника и вычисления пути в графе, определяющего решение задачи о назначении. Для остановки алгоритма метода муравьиных колоний рассматриваются два различных алгоритма: остановка при выполнении некоторого количества итераций и остановка при нахождении решения, удовлетворяющего ограничениям. Для оценки эффективности алгоритма рассматривались следующие критерии: оценка математического ожидания числа итераций алгоритма, оценка математического ожидания значения критерия, оценка математического ожидания значения критерия решений и т.д. Для всех оценок математического ожидания вычисляется также доверительный интервал. По полученным

оценкам в работе даются рекомендации по подбору параметров метода муравьиных колоний: количеству агентов, коэффициента испарения, параметров элитного и ранжированного метода муравьиных колоний и т.д. Оценивается и скорость и возможность поиска рациональных решений при различных значениях ограничений.

Результаты. В работе рассматривалась задача о назначении 35 работников по 15 задачам. В результате были выявлены следующие рекомендации по выбору параметров модифицированному методу муравьиных колоний. Чем больше агентов, тем лучше найденное решение, но количество рассмотренных решений увеличивается, что приводит к увеличению времени поиска. Для коэффициента испарения рекомендуется выбирать значение в пределах (0,8; 0,95). Использовать рекомендуется ранжированный алгоритм с параметром в 4 раза меньше количества агентов в группе. Определена проблема «заикливания» метода муравьиных колоний, вызванная прохождением агентов по одним и тем же маршрутам.

Заключение. Выработанные рекомендации позволяют применять метод муравьиных колоний для решения задачи назначения работников на задачи. Предложенные рекомендации по параметрам обеспечивают высокую скорость и точность нахождения рационального решения задачи. Описана проблема «заикливания» метода муравьиных колоний.

Ключевые слова: нечеткие множества, метод муравьиных колоний, управление персоналом, задача о назначении, оценка математического интервала.

Vladimir A. Sudakov¹, Yuri Pavlovich Titov²

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

² The Institute of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences (IPI RAN), Moscow, Russia

Application of the Modified Method of ant Colonies to Search for Rational Assignment of Employees to Tasks Using Fuzzy Sets

Purpose of the research. The aim of the study is to develop recommendations on the selection of parameters for modifying the ant colony method when searching for a rational solution to the task of appointing employees to work, subject to setting the time to complete the work using fuzzy sets and taking into account the interaction time between employees assigned to one task. The algorithm is proposed for modifying the ant colony method. Various stopping algorithms of the modified ant colony method are considered.

Materials and research methods. The use of the ant colony method developed for finding the traveling salesman's path for the

assignment problem requires the creation of a "decision graph" and some modifications of the algorithm associated with entering weights (pheromone) on the graph. The paper proposes to create a graph of solutions by creating a set of vertices that determine the appointment of an employee for tasks for each employee and calculating the path in the graph that determines the solution to the assignment problem. To stop the algorithm of the ant colony method, two different algorithms are considered: the stop when performing a certain number of iterations and the stop when finding a solution that satisfies the constraints. To evaluate the effectiveness of the algorithm, the following criteria

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-00-00012 (18-00-00011) КОМФИ.

were considered: the estimate of the mathematical expectation of the number of iterations of the algorithm, the estimate of the mathematical expectation of the criterion value, the estimate of the mathematical expectation of the number of considered solutions, etc. For all estimates of mathematical expectation, a confidence interval is also calculated. According to the estimates, the paper gives recommendations on the selection of parameters of the ant colony method: the number of agents, evaporation rate, parameters of the elite and ranked method of ant colonies, etc. Both the speed and the ability to find rational solutions for different values of constraints are evaluated.

Results. The work considered the task of appointing 35 employees for 15 tasks. As a result, the following recommendations were identified on the choice of parameters to the modified method of ant colonies. The more agents, the better solution found, but the number of the

considered solutions increases, which leads to an increase in search time. For the evaporation coefficient, it is recommended to choose a value in the range (0.8; 0.95). It is recommended to use a ranked algorithm with a parameter 4 times less than the number of agents in the group. The problem of "cycling" of the ant colony method, caused by the passage of agents along the same routes, is determined.

Conclusion. The developed recommendations make it possible to use the ant colony method to solve the problem of assigning employees to tasks. The proposed recommendations on the parameters provide high speed and accuracy of finding a rational solution to the problem. The problem of "cycling" of the ant colony method is described.

Keywords: fuzzy sets, ant colony method, personnel management, assignment problem, estimation of the mathematical interval.

Введение

Определение времени выполнения задачи является одной из главных проблем при планировании работы. В настоящее время применяются подходы, связанные с экспертными оценками времени выполнения задачи. При этом эксперт обычно является руководителем, который на основе своего опыта выполнения подобных проектов производит разбиение его на задачи и оценочное определение времени их выполнения в виде определенного значения. Кроме того руководитель работы задает последовательность выполнения задач с точки зрения логики их возможного выполнения [1,2].

Информация об оценке времени выполнения задач и их взаимосвязи используются в методе СРМ (Critical Path Method), который позволяет выделить задачи так называемого «Критического пути», т.е. задачи, изменение времени выполнения, которых приведет к изменению времени вы-

полнения всего проекта [3]. Но у данного алгоритма отсутствует наглядность и возможность управления ресурсами. Для устранения недостатков СРМ и привлечения руководителя непосредственно к календарному распределению задач применяются диаграммы Ганта, которые в первую очередь направлены на визуализацию процесса выполнения работы и занятости отдельных ресурсов. При этом в диаграммах Ганта помимо автоматической расстановки задач методом СРМ (по позициям раннего старта и финиша) существует возможность ручного изменения времени старта задачи [4–6]. Но стоит отметить, что от количества выделенных ресурсов, например работников, может изменяться и длительность работы, что никак не учитывается ни в методе СРМ, ни в диаграммах Ганта.

Задача о назначении сотрудников на работы может быть решена многими способами: Методом неявного перебора по векторной решетке, методом динамического про-

граммирования, методом последовательного спуска и т.д. Но каждый из предлагаемых методов накладывает ограничения и работает только с конкретным классом целевых функций. В случае применения в качестве описания времени выполнения задачи работником не определенного числа, а нечеткого множества и учета влияния необходимости взаимодействия сотрудников, назначенных на одну задачу, применение подобных методов невозможно [7].

Для решения подобных задач применяются различные эвристические или мета-эвристические алгоритмы [9, 10]. В данной работе рассматривается возможность применения модификации мета-эвристического алгоритма муравьиных колоний. В отличие от оригинального метода муравьиных колоний (ant colony optimization), предложенного итальянским исследователем Марко Дориго (Marco Dorigo) в 1992 [11], предлагаемый алгоритм ищет путь в дереве решений, а не гамильтонов путь

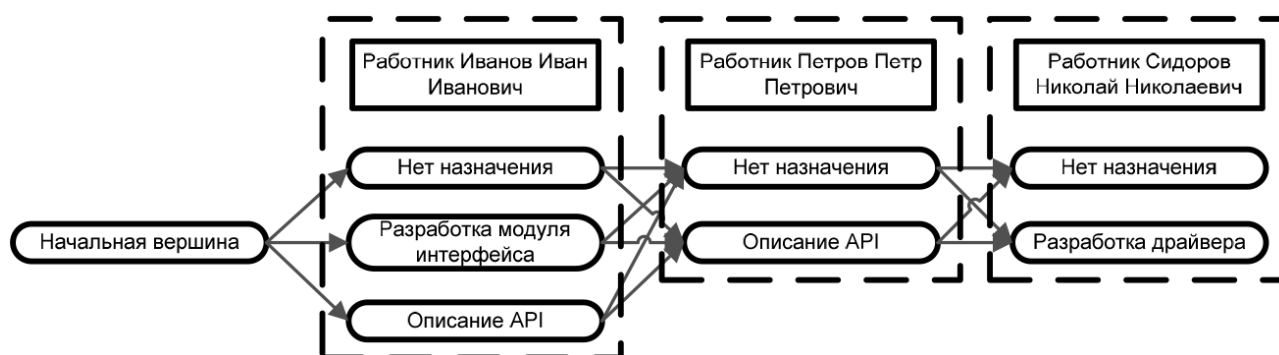


Рис. 1. Граф решений для назначения работников на задачи

в графе. Для работы алгоритма создается граф решений (рис. 1) в котором каждому работнику соответствует множество вершин [12–14]. Каждая вершина из множества определяет задачу, которую может выполнять сотрудник. Следует учесть также вершину, при которой сотрудник не назначается ни на одну из задач, так как в результате учета времени взаимодействия между сотрудниками общее время выполнения задач может возрасти [8].

Модификация метода муравьиных колоний

Для поиска пути в данном графе необходимо модифицировать метод муравьиных колоний [15]. Кроме занесения весов (феромонов) на вершины графа, а не на дуги, модификации также подверглась целевая функция. Занесение весов на вершины графа позволяет акцентировать внимание на назначении работников на задачи. Чем больше веса, тем вероятнее включение данного назначения в конечное решение. Особым образом выставляются и дуги графа, осуществляющие все возможные переходы между вершинами соседних слоев (отдельных работников).

Для поиска наилучшего варианта назначения всех работников на задачи требуется определить значение критерия, определяющего насколько данное назначение лучше или хуже других. В качестве тако-

го критерия можно воспользоваться одним из множества методов дефаззификации нечеткой функции «выполнение задачи». Для простоты можно выбрать метод левого или правого модального значения или более сложный и распространенный метод центра тяжести нечеткой функции. Для выполнения подобных вычислений необходимо подключать аппарат, обеспечивающий работу с нечеткими функциями и вычисляющий значение критерия по итогам назначения работников на задачи.

Для вычисления критерия по определенному назначению необходимо последовательно совершить следующие операции:

1. Для каждого работника вычислить нечеткую функцию «производительность работника при выполнении задачи» для назначенной задачи.

2. Для каждой задачи вычислить обобщенную нечеткую функцию «выполнение задачи».

3. Для каждой задачи необходимо учесть задержки, связанные с взаимодействием работников. В рамках данной задачи возможно применение множества методов, при этом выбор конкретного метода зависит от задачи и планируемых методов взаимодействия работников. Кроме того в методах учета взаимодействия работников применяются различные коэффициенты, для вычисления которых чаще всего применяются экспертные методы.

4. Для каждой задачи провести процедуру дефаззификации и вычислить время выполнения каждой задачи по отдельности. Дефаззификация, в первую очередь, влияет на критерий для решения задачи назначения, так как часто лицу, принимающему решение, требуется и нечеткая функция «выполнение задачи».

5. Вычислить общий критерий для оценки полученного решения. В качестве критерия можно использовать математическое ожидание времен выполнения задач, максимальное время выполнения задач или критерий, полученный в результате календарного планирования. Данный критерий в первую очередь используется в методе муравьиных колоний, но может использоваться и для представления лицу, принимающему решение.

Метод муравьиных колоний в данном случае позволяет обеспечить направленный перебор различных вариантов назначения сотрудников на работы. При этом необходимо учитывать направление перебора, с целью максимизации или минимизации критерия. В случае использования в качестве критерия время выполнения задачи, то однозначно это минимизируемый критерий. Различные параметры модификации метода муравьиных колоний влияют на скорость нахождения решения и на его точность [18]. К таким параметрам относятся: количество агентов до изменения со-



Рис 2. Схема взаимодействия модулей программы для анализа влияния параметров метода муравьиных колоний на скорость нахождения решения

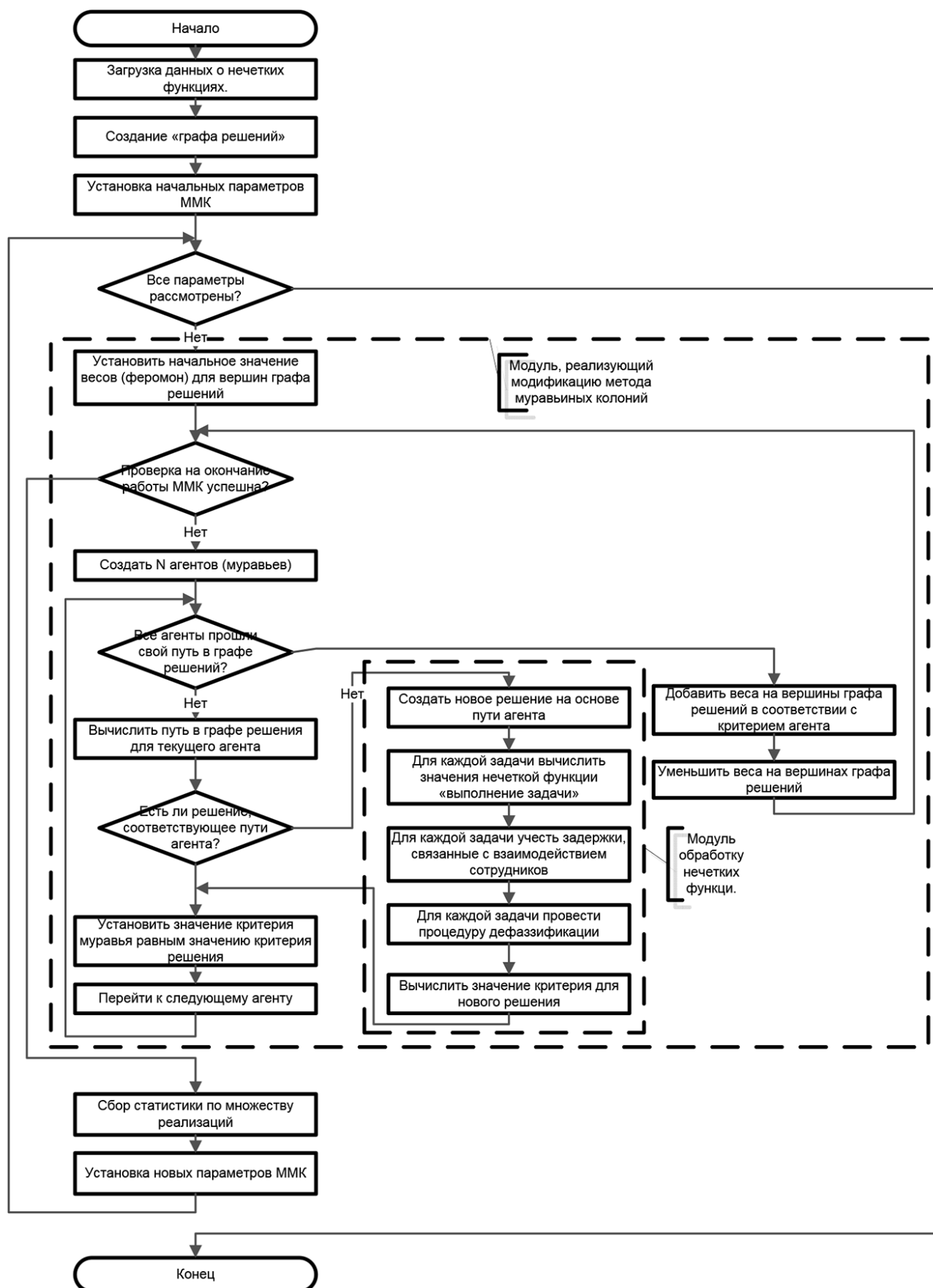


Рис. 3. Алгоритм работы модифицированного метода муравьиных колоний

стояния графа, коэффициент «испарения» весов, параметр заносимого феромона. Для анализа этого влияния необходимо разработать модуль сбора и анализа статистики по множеству реализаций, позволяющий итерационно запускать метод муравьиных колоний с различными параметрами. Общая схема взаимодействия блоков изображена на рис. 2.

Для сбора и анализа статистики необходимо определиться с моментом остановки работы модуля, реализующего модификации метода муравьиных колоний. Оригинальный итерационный алгоритм муравьиных колоний не предполагает конкретного момента остановки алгоритма. Из-за применения процедуры испарения весов (феромона) и вероятностного выбора пути агентов (муравьев) решение постоянно может изменяться. Фактически можно предложить 2 критерия остановки модификации метода муравьиных колоний: По достижению определенного числа итераций; По нахождению хотя бы одного решения удовлетворяющего ограничениям. В зависимости от выбранного типа остановки будут изменяться и критерии оценки эффективности работы метода муравьиных колоний. Для остановки по достижению определенного числа итераций основным критерием можно назвать оценку математического ожидания найденного решения, а для остановки по ограничениям — оценку математического ожидания количества итераций. Кроме того, оценить эффективность можно и по оценке математического ожидания количества рассмотренных решений, т.е. если агенты прошли по одному пути, то решение будет вычислено только один раз и будет храниться в массиве всех рассмотренных решений. Этот параметр требуется для случаев, когда работа модуля обработки нечетких функций

сильно дольше работы метода муравьиных колоний. В результате можно предложить следующий алгоритм работы программы. (рис. 3)

Для проведения тестов рассматривалась задача назначения 35 работников по 15 задачам. Каждый работник мог выполнять различное количество задач, но назначить его необходимо только на одну задачу. Всего в рамках теста рассматривалось более 180 функций принадлежности «выполнение задачи конкретным работником». Взаимодействие работников, назначенных на одну задачу, учитывалось по принципу наставничества, когда учитывалось взаимодействие всех работников, только с самым опытным работником. Для дефаззификации применялся метод левого модального значения, а обобщенный критерий вычислялся как сумма времен выполнения всех задач. В случае, если на задачу не назначено работников, то время ее выполнения приравнивается к условной бесконечности [16,17]. Наилучшее значение критерия (Krit) для данной задачи чуть меньше 352. На графиках приводится оценка математического ожидания и доверительный интервал этой оценки для доверительной вероятности 0,99. Оценка вычисляется по 500 реализациям метода муравьиных колоний.

Варьирование параметров. Выработка рекомендаций

Самым важным параметром метода муравьиных колоний является количество агентов, перемещающихся по графу в рамках одной группы, т.е. только после перемещения всех агентов из группы происходит изменение весов в графе решений: добавление и последующее уменьшения (испарение) весов. Рассмотрим, как влияет количество агентов на критерии при остановке на 500

итерации метода муравьиных колоний. (рис 4).

Серой линией отмечается наилучшее найденное решение из 500 итераций. На графиках отчетливо видна обратно-экспоненциальная зависимость оценки математического ожидания найденного критерия от количества агентов в группе. А вот зависимость количества рассмотренных решений — линейное. Из этого можно сделать вывод, что прирост в точности найденного решения при больших (больше 100) количествах агентов в группе сильно меньше времени, потраченного на поиск этого решения. Рекомендуется выбирать число агентов в интервале (Кол слоев; Кол слоев*2), где Кол слоев определяет количество групп вершин в графе решений. Так как слои для нашей задачи определяют назначение работника, то эта величина зависит от числа работников и варьируется в интервале (35; 70). Но в случае, когда точность решения более критична времени его поиска, следует увеличивать данный показатель, так как он наиболее сильно влияет на точность найденного решения.

Кроме количества агентов другим важным параметром метода муравьиных колоний является коэффициент испарения, принимающий значения из интервала (0; 1). На его значение умножается вес в каждой вершине после итерации. Он позволяет немного сгладить распределение весов для возможности выбора агентами других маршрутов. Данный параметр принимает значения от 0, при котором каждую итерацию веса обновляются, до 1, при котором веса не изменяются в процессе испарения. (рис 5)

Из графиков видно, что низкое значение коэффициента испарения постоянно обновляет граф и, в результате, оценка математического ожидания найденного реше-

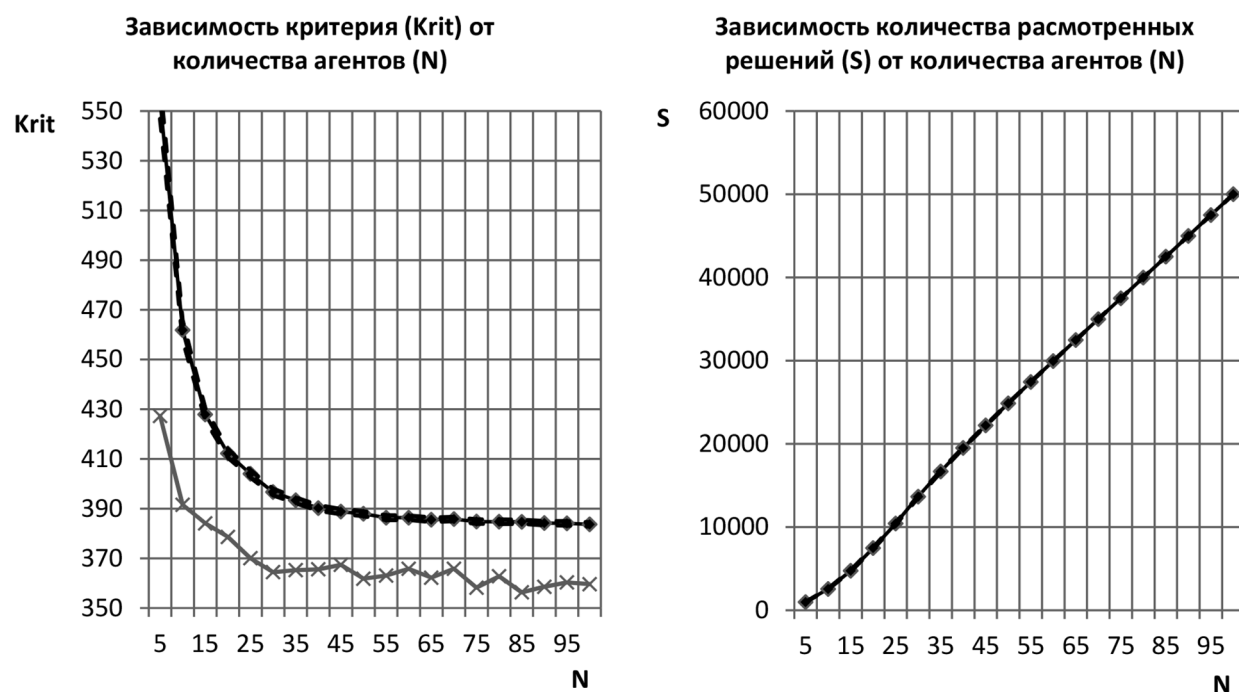


Рис 4. Результаты работы модифицированного метода муравьиных колоний при варьировании параметра количества агентов в группе

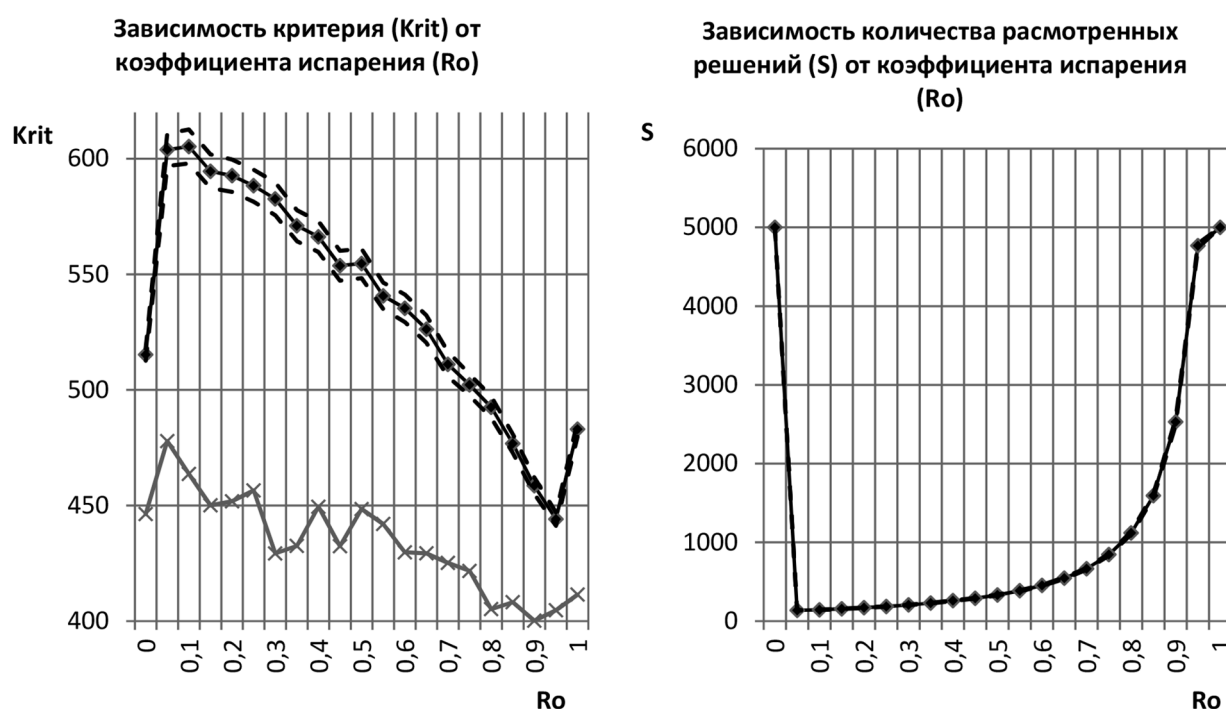


Рис 5. Результаты работы модифицированного метода муравьиных колоний при варьировании параметра испарения.

ния самая худшая (более 600). При увеличении коэффициент видно, как улучшается оценка математического ожидания найденного решения и принимает наилучшее значение при значении коэффициента ис-

парения близкому к 1. Но при этом и увеличивается количество рассмотренных решений, так как происходит постепенное улучшение решения. Есть две крайние точки при значении коэффициента испарения

равного 0 и 1, но их выбирать не рекомендуется. Рекомендуется выбирать значение коэффициента испарения в диапазоне (0,8; 0,95) в зависимости от скорости вычисления критерия для новых решений. В

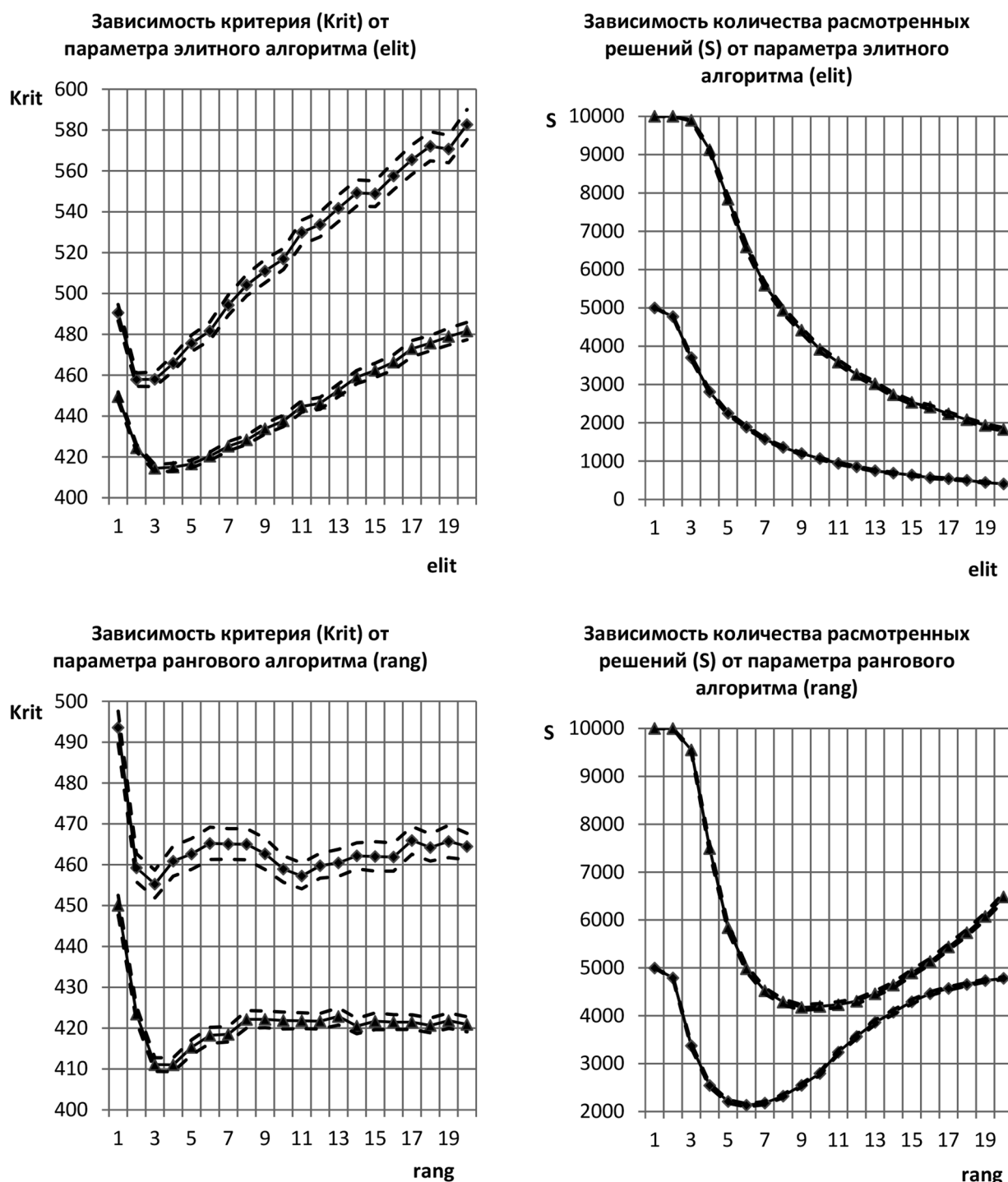


Рис. 6. Результаты работы модифицированного метода муравьиных колоний при варьировании параметра элитной или ранжированной модификации

случае, если решения не будут храниться в массиве, а каждый раз будут вычисляться заново, то стоит выбирать максимальное значение коэффициента испарения.

Параметр метода муравьиных колоний, отвечающий за количество заносимого веса агентами, не сильно влияет

на эффективность методов. Это связано с относительным характером весов при поиске маршрута агентами. Но на начальном этапе значения заносимых изменений весов агентов могут соперничать с начальным значением весов в вершинах. Начальное значение не равно 0, так как иначе

невозможен был бы первоначальный вероятностный выбор вершин.

Для ускорения работы оригинального метода муравьиных колоний предложены его модификации, например, элитный и ранжированный алгоритмы занесения весов [19,20]. В элитном алгоритме агент,

нашедший лучшее решение на итерации, заносит больше весов в X раз. При использовании ранжированного алгоритма учитывается вклад X лучших агентов, веса которого увеличиваются в зависимости от места агента. Приведем графики зависимости оценки математического ожидания найденного критерия и оценки математического ожидания количества рассмотренных решений от параметра X при различном количестве агентов в группе: 10 — отображается ромбами и 20 — отображается треугольниками (рис 6).

Применение ранжированного алгоритма показывает лучшие результаты, как по количеству рассмотренных решений, так и по оценке математического ожидания критерия, по сравнению, как с Элитным, так и с оригинальным алгоритмами (рис 6). Точность найденного решения при применении элитного алгоритма сильно зависит от числа агентов в группе. При этом оптимальным значением параметра элитного алгоритма является

значение в 4 раза меньше числа агентов в группе. При большом значении параметра элитного алгоритма найденное решение будет хуже. Для ранжированного алгоритма рекомендуется выбирать параметр в 3–4 раза меньше числа агентов в группе. При этом при выборе большого значения параметра точность найденного решения не сильно хуже, но резко увеличивается время поиска, так как возрастает число рассмотренных решений. При этом, чем больше агентов в одной группе, тем больше это влияние.

Интересным также является исследование, связанное с анализом изменения значений критериев при увеличении ограничения на число итераций. Как видно из графиков, в данном случае не только возрастает количество решений и улучшится оценка математического ожидания найденного решения, но и увеличится доверительный интервал этой оценки (рис 7). Это означает, что увеличение числа итераций не всегда приводит к улуч-

шению решений. Причем на графиках отчетливая логарифмическая зависимость. При установке ограничения больше 300 практически не изменяется ни количество рассмотренных решений, ни оценка математического ожидания критерия.

Зацикливание метода муравьиных колоний

Исправить этот недостаток призван критерий остановки алгоритма, связанный с поиском решения, удовлетворяющего ограничениям. При применении метода муравьиных колоний могут возникать ситуации, когда несколько агентов из группы, пройдя по хорошему маршруту, заносят столько веса, что дальнейшее отклонение других агентов от данного маршрута становится минимальным. В результате большинство агентов перемещаются по близким маршрутам, но нет никакой гарантии, что этот маршрут будет удовлетворять ограничениям. Такую ситуацию можно назвать «зацикливанием». Для отсека-

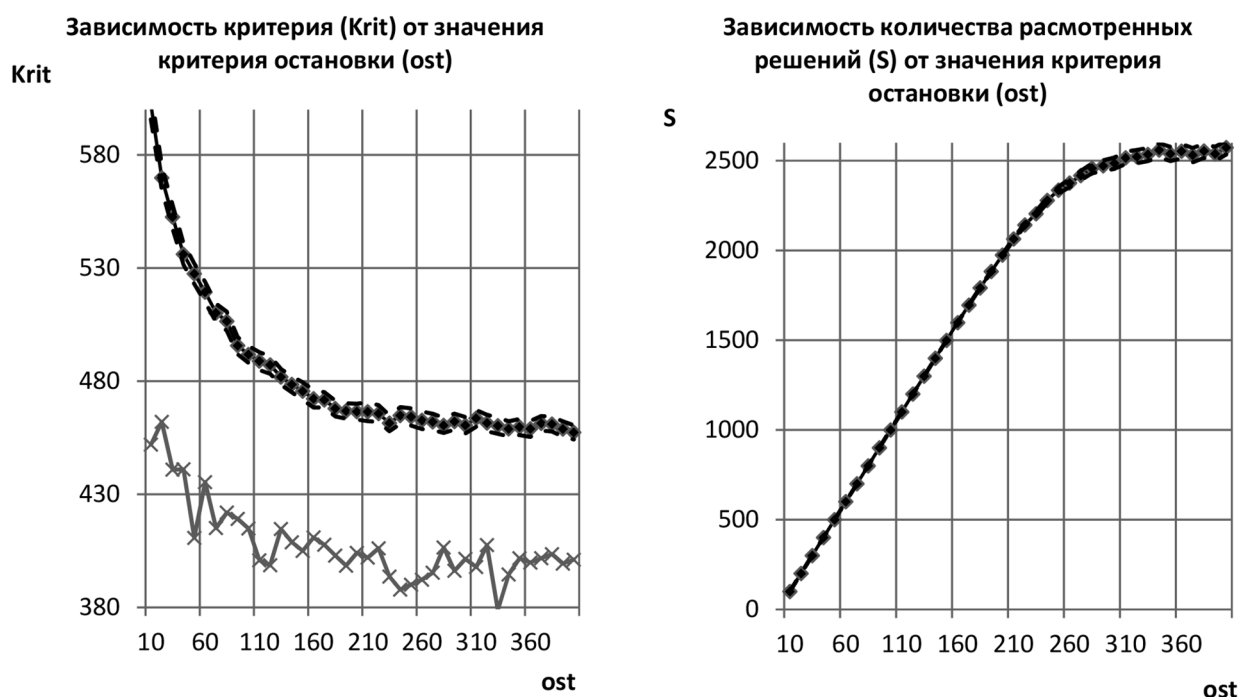


Рис. 7. Результаты работы модифицированного метода муравьиных колоний при варьировании критерия остановки

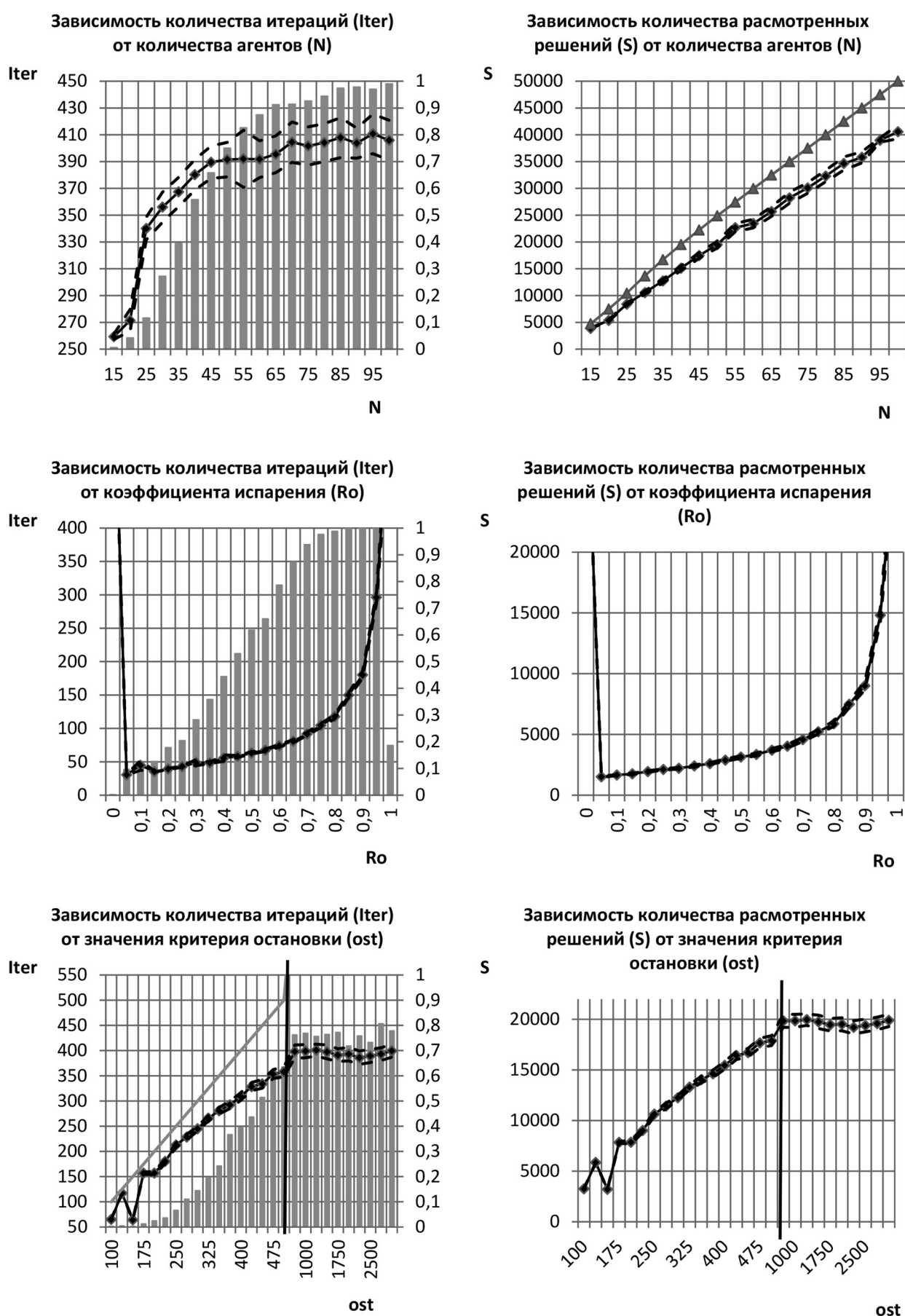


Рис. 8. Результаты работы модифицированного метода муравьиных колоний при альтернативном критерии остановки

ния ситуации заикливания установим достаточно большое ограничение на число итераций алгоритма. Для нашей задачи установим параметр заикливания алгоритма на 1000 итераций.

Рассмотрим влияние параметров алгоритма муравьиных колоний: количества агентов и коэффициента испарения для выработки рекомендаций. (рис 8) Гистограммой на графиках количества итераций отображен процент успешных прогонов, т.е. прогонов поиска решений, при которых количество итераций не достигло критерия «заикливания». Для гистограмм предусмотрена отдельная, правая ось. Графики с ромбами отмечают подобные характеристики при использовании в качестве критерия остановки определенного количества итераций. Штриховой линией приводится оценка математического ожидания и доверительный интервал этой оценки для доверительной вероятности 0,99.

Из графиков видно, что в целом рекомендации по выбору параметров не зависят от критерия остановки алгорит-

ма муравьиных колоний. Так количество агентов в одной группе следует выбирать наибольшим, исходя из ограничений на время (количество решений), а параметр испарения стоит выбирать в пределах (0,8; 0,95). Эти рекомендации обусловлены также низким коэффициентом заикливания алгоритма. Параметр, отвечающий за количество весов, заносимого агентами также не влияет на скорость и точность получения решения.

Проблема «заикливаний» алгоритма муравьиных колоний не решается путем увеличения ограничения на итерации. На нижних графиках рисунка 8 отчетливо видно, что увеличение ограничения на количество итераций до 500 еще влияет на количество заикливаний алгоритма, а далее увеличение ограничения не может уменьшить этот процент. Вертикальная линия как раз показывает момент этого перехода и далее шаг оси *ost* резко увеличивается. В результате для нашей задачи в любом случае около 25% итераций не смогут найти решение, удовлетворяющее установленным требуемым

ограничениям. Единственным параметром, который адекватно можно изменять для уменьшения процента «заикливаний» алгоритма является число агентов в группе, но увеличение этого параметра в любом случае увеличивает количество рассмотренных итераций и, следовательно, время работы алгоритма.

При улучшении критерия остановки, в нашем случае уменьшения суммарного времени выполнения всех работ, количество заикливаний алгоритма будет увеличиваться до тех пор, пока коэффициент заикливания не станет равным 1. Для нашей задачи при ограничении 360 ни одна итерация не нашла решения, удовлетворяющего ограничению. Основная проблема заключается в том, что это не означает невозможность существования решения, удовлетворяющего данным ограничениям, а лишь, то, что при текущих параметрах алгоритма практически невозможно однозначно достичь требуемого решения. На графике зависимости критерия (*Krit*) штрихпунктирной линией отображается интервал

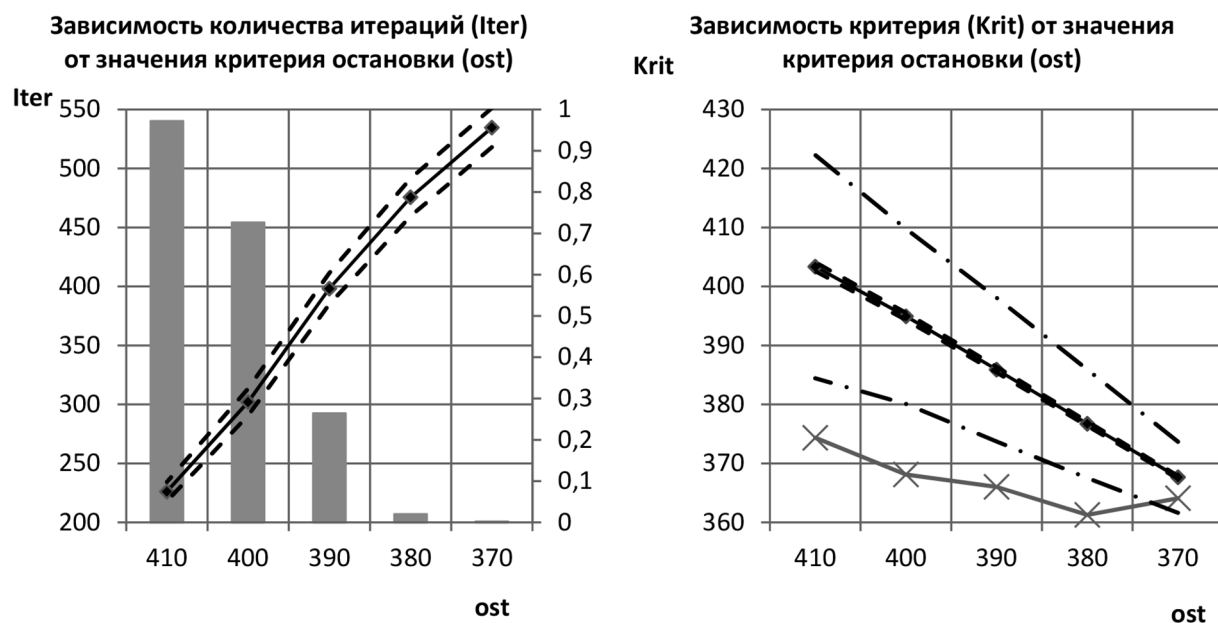


Рис 9. Результаты работы модифицированного метода муравьиных колоний при изменении значения альтернативного критерия остановки

в 3 СКО. График, отмеченный крестиками, описывает лучшие решения, найденные при данных ограничениях среди 500 прогонов модели. При этом видно, что алгоритм находит решения лучше 370, но эти решения чаще всего лежат за пределами 3 СКО. Для решения данной проблемы можно только увеличивать количество агентов в группе, что приводит к увеличению времени поиска решения.

Заключение

По результатам работы предложен алгоритм, позволяющий применять модифицированный метод муравьиных колоний для решения задачи

о назначении работников на задачи. Особенностью данного алгоритма является применение в качестве информации о времени выполнения задачи работником соответствующего нечеткого множества с учетом взаимодействия между работниками, назначенными на одну задачу. Для решения задачи о назначении создается граф решений, вершины которого определяют назначение конкретного работника на выполнение конкретной задачи. В работе были выработаны рекомендации по установке параметров модифицированного метода муравьиных колоний с целью уменьшения времени поиска и увеличении рациональности найденного реше-

ния. Количество агентов в одной группе следует выбирать из интервала (Кол слоев графа решений; Кол слоев графа решений*2). Коэффициент испарения рекомендуется брать в диапазоне (0,8; 0,95). При этом применять рекомендуется ранжированный алгоритм занесения весов с параметром, равным количеству агентов/4. Кроме того рассмотрена проблема «зацикливания» метода, связанная с невозможностью изменения решения при увеличении ограничения на количества итераций. Это происходит из-за прохождения агентов по одним и тем же маршрутам, при этом альтернативные маршруты не рассматриваются.

Литература

1. Джамай Е.В., Зинченко А.С. Управление затратами предприятия машиностроения в современных финансовых условиях // Социально-экономические и гуманитарные исследования. 2015. № 7. С. 110–113.
2. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Fifth Edition.
3. Михайлова Л.В., Сазонов А.А., Петров Д.Г. Особенности применения методов сетевого планирования при управлении проектами на предприятиях машиностроения // Вестник университета. 2017. № 1. С. 10–13.
4. Путятин Л. М. Джамай Е.В. Тарасова Н.В. Структура и содержание управленческого анализа на предприятии в современных условиях // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2014. № 4. С. 136–139.
5. Фридлянов М.А. Методы и приемы управления проектами в сфере промышленного производства // Проблемы рыночной экономики. 2017. № 3. С. 17–24.
6. Бондаренко А.Н., Шаврин А.В. Метод PERT в управлении проектами // Управление проектами и программами. 2016. № 1. С. 68–78.
7. Зацаринный А. А., Коротков В. В., Матвеев М. Г. Моделирование процессов сетевого планирования портфеля проектов с неоднородными ресурсами в условиях нечеткой информации // Информатика и ее применения. 2019. № 13 (2). С. 92–99.
8. Батищев Д.И., Гудман Э.Д., Норенков И.П., Прилуцкий М.Х. Метод декомпозиций для решения комбинаторных задач упорядоче-

ния и распределения ресурсов // Информационные технологии. 1997. № 1. С. 29–33.

9. Белецкая С.Ю., Асанов Ю.А., Поваляев А.Д., Гаганов А.В. Исследование эффективности генетических алгоритмов многокритериальной оптимизации // Вестник ВГТУ. 2015. № 1. С. 24–27.
10. Kumanan S., G.J. Jose, K. Raja. Multi-project scheduling using a heuristic and a genetic algorithm. Int. J. Adv. Manuf. Tech. 2006. № 31 (3–4). С. 360–366.
11. Colorni A., Dorigo M., Maniezzo V. Distributed optimization by ant colonies // Proceedings of the First European Conference on Artificial Life, ECAL'91. Elsevier, Paris, France. 1992. С. 34–142.
12. Карпенко А.П., Чернобровченко К.А. Эффективность оптимизации методом непрерывно взаимодействующей колонии муравьев (CIAC) [Электрон. ресурс] // Наука и Образование. Электронный журнал. 2011. № 2. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/>
13. Штовба С.Д. Муравьиные алгоритмы // Exponenta Pro, Математика в приложениях, 2003. № 4 (4). С. 70–75.
14. Карелин В.П. Модели и методы теории графов в системах поддержки принятия решений // Вестник Таганрогского института управления и экономики. Т. 2 (20). С. 69–73.
15. Титов Ю.П., Давыдкина Е.А. Расширение возможностей метода муравьиных колоний путем применения нечетких множеств // Тенденции развития науки и образования. 2019. Т. 2. № 54. С. 16–19.
16. Волкова Е.С., Гисин В.Б. Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах. М.: Издательство КноРус. 2019. 156 с.

17. Судаков В.А. Титов Ю.П. Решение задачи определения времени выполнения работы группой сотрудников с помощью нечетких множеств // Открытое образование. 2019. Т. 23. № 5. С. 74–82.

18. Титов Ю.П. Модификации метода муравьиных колоний для решения задач разработки авиационных маршрутов. Автоматика и телемеханика // Академиздатцентр «Наука» РАН. 2015. № 3 (76). С. 108–124.

19. Курейчик В.М., Кажаров А.А. О некоторых модификациях муравьиного алгоритма // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. № 4 (81).

20. Субботин С.А. Олейник Ан.А. Олейник Ал.А. Интеллектуальные мультиагентные методы [Электрон. ресурс]. Фрагмент рабочих материалов монографии Часть III. Режим доступа: http://www.csit.narod.ru/subject/MA/MA_lect.pdf

References

1. Dzhamay Ye.V. Zinchenko A.S. Cost management of an engineering enterprise in modern financial conditions. *Sotsial'no-ekonomicheskiye i humanitarnyye issledovaniya = Socio-economic and humanitarian studies*. 2015; 7: 110–113. (In Russ.)

2. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Fifth Edition.

3. Mikhaylova L.V., Sazonov A.A., Petrov D.G. Features of the application of network planning methods in project management at engineering enterprises. *Vestnik universiteta = University Herald*. 2017; 1: 10–13. (In Russ.)

4. Putyatina L.M. Dzhamay Ye.V. Tarasova N.V. The structure and content of management analysis at the enterprise in modern conditions. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Ekonomika = Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Economics*. 2014; 4: 136–139. (In Russ.)

5. Fridlyanov M.A. Methods and techniques of project management in the field of industrial production. *Problemy rynochnoy ekonomiki = Problems of a market economy*. 2017; 3: 17–24. (In Russ.)

6. Bondarenko A.N., Shavrin A.V. PERT method in project management. *Upravleniye proyektami i programmami = Project and program management*. 2016; 1: 68–78. (In Russ.)

7. Zatsarinnyy A.A., Korotkov V.V., Matveyev M. G. Modeling of network planning processes for a portfolio of projects with heterogeneous resources under fuzzy information. *Informatika i yeye primeneniya = Informatics and its applications*. 2019; 13 (2): 92–99. (In Russ.)

8. Batishchev D.I., Gudman E.D., Norenkov I.P., Prilutskiy M.KH. The decomposition method for solving combinatorial problems of ordering and distribution of resources. *Informatsionnyye tekhnologii = Information Technologies*. 1997; 1: 29–33. (In Russ.)

9. Beletskaya S.YU., Asanov YU.A., Povalyayev A.D., Gaganov A.V. A study of the effectiveness of genetic algorithms for multicriteria optimization. *Vestnik VGTU = Vestnik VGTU*. 2015; 1: 24–27. (In Russ.)

10. Kumanan S., G. J. Jose, K. Raja. Multi-project scheduling using a heuristic and a genetic

algorithm. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 2006; 31(3–4): 360–366.

11. Colorni A., Dorigo M., Maniezzo V. Distributed optimization by ant colonies. *Proceedings of the First European Conference on Artificial Life, ECAL'91*. Elsevier, Paris, France. 1992: 34–142.

12. Karpenko A.P., Chernobrivchenko K.A. Efficiency of optimization by the method of continuously interacting ant colony (CIAC) [Internet]. *Nauka i Obrazovaniye. Elektronnyy zhurnal = Science and Education. Electronic journal*. 2011; 2. Available from: <http://technomag.edu.ru/>. (In Russ.)

13. Shtovba S.D. Ant Algorithms. *Exponenta Pro, Matematika v prilozheniyakh = Exponenta Pro, Mathematics in Applications*. 2003; 4(4): 70–75. (In Russ.)

14. Karelin V.P. Models and methods of graph theory in decision support systems. *Vestnik Taganrogskego instituta upravleniya i ekonomiki = Bulletin of the Taganrog Institute of Management and Economics*. 2 (20): 69–73. (In Russ.)

15. Titov YU.P. Davydkina Ye.A. Expanding the capabilities of the ant colony method through the use of fuzzy sets. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya = Trends in the development of science and education*. 2019; 2; 54: 16–19. (In Russ.)

16. Volkova Ye.S. Gisin V.B. Nechetkiye mnozhestva i myagkiye vychisleniya v ekonomike i finansakh = Fuzzy sets and soft calculations in economics and finance. M.: KnoRus Publishing House. 2019; 156 p. (In Russ.)

17. Sudakov V.A. Titov YU.P. The solution to the problem of determining the execution time of a group of employees using fuzzy sets. *Otkrytoye obrazovaniye = Open Education*. 2019; 23; 5: 74–82. (In Russ.)

18. Titov YU.P. Modifications of the ant colony method for solving the problems of developing air routes. *Automation and telemechanics. Akademizdatcentr «Nauka» RAN = Academic Publishing Center "Science" RAS*. 2015; 3 (76): 108–124. (In Russ.)

19. Kureychik V.M., Kazharov A.A. About some modifications of the ant algorithm. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskkiye nauki = Izvestiya SFU. Technical science*. 2008; 4 (81). (In Russ.)

20. Subbotin S.A. Oleynik An.A. Oleynik

Al.A. Intel'ktual'nyye mul'tiagentnyye metody
= Intelligent multi-agent methods [Internet].
Fragment rabochikh materialov monografii Chast'

III = Fragment of the working materials of the
monograph. Part III. Available from: http://www.csit.narod.ru/subject/MA/MA_lect.pdf. (In Russ.)

Сведения об авторе

Владимир Анатольевич Судаков

Д.т.н., Профессор,
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации, Москва, Россия
Эл. почта: sudakov@ws-dss.com

Юрий Павлович Титов

К.т.н.,
Федеральный исследовательский центр
Информатика и Управление РАН,
Москва, Россия
Эл. почта: kalengul@mail.ru

Information about the author

Anatolyevich Sudakov Vladimir

Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Financial University under the Government of the
Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: sudakov@ws-dss.com

Yuri Pavlovich Titov

Cand. Sci. (Engineering),
The Institute of Informatics Problems of the Russian
Academy of Sciences (IPI RAN),
Moskva, Russia
E-mail: kalengul@mail.ru