

Обзорная статья
УДК 332.12:332.14
DOI: 10.25683/VOLBI.2025.72.1410

Nikolay Vladimirovich Kuznetsov
 Doctor of Economics, Candidate of Engineering,
 Associate Professor, Chief Researcher of the Institute
 for Economic Policy
 and Economic Security Issues,
 Financial University
 under the Government of the Russian Federation
 Moscow, Russian Federation
 nkuznetsov@outlook.com

Natalya Evgenievna Kotova
 Junior Researcher
 of the Institute for Economic Policy
 and Economic Security Issues,
 Financial University
 under the Government of the Russian Federation
 Moscow, Russian Federation
 nkotova@fa.ru

Николай Владимирович Кузнецов
 д-р экон. наук, канд. техн. наук,
 доцент, главный научный сотрудник
 Института экономической политики
 и проблем экономической безопасности,
 Финансовый университет
 при Правительстве Российской Федерации
 Москва, Российская Федерация
 nkuznetsov@outlook.com

Наталья Евгеньевна Котова
 младший научный сотрудник
 Института экономической политики
 и проблем экономической безопасности,
 Финансовый университет
 при Правительстве Российской Федерации
 Москва, Российская Федерация
 nkotova@fa.ru

РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫМИ ФИНАНСАМИ

5.2.3 — Региональная и отраслевая экономика

Аннотация. В статье представлены комплексный анализ и систематизация российского и зарубежного опыта построения систем анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами. Авторы подчеркивают возрастающую роль этих задач в условиях нестабильности и современных геополитических вызовов. Актуальность работы обусловлена резко возросшей в современных условиях турбулентности потребностью в высокоточных и оперативных прогнозах для формирования адекватной бюджетной, налоговой и денежно-кредитной политики. В работе рассматриваются ключевые отечественные разработки в этой сфере, включая модели институтов Российской академии наук (Центральный экономико-математический институт РАН, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН), ведущих научно-исследовательских центров (Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования, Институт экономической политики имени Е. Т. Гайдара) и наиболее продвинутую макроэкономическую модель Банка России. Также анализируются наиболее развитые зарубежные системы анализа и прогнозирования, используемые органами государственной власти таких

стран, как США, Китай, Великобритания, ОАЭ, Бразилия, Израиль. Особое внимание уделяется архитектуре системы, ее структурным особенностям, лежащим в ее основе методам и моделям, временным горизонтам анализа и прогнозирования, а также практике применения. Для каждой системы выделены основные преимущества и недостатки. Отмечается общая проблема недостаточной открытости методологической и технической документации таких систем, что затрудняет их глубокий сопоставительный анализ. На основе сравнительного анализа авторы формулируют ряд стратегических рекомендаций для развития российских систем, среди которых внедрение модульного принципа построения, создание единого источника прогнозов для всех государственных органов, развитие регионального и отраслевого срезов, активное внедрение методов искусственного интеллекта и обеспечение прозрачности через публикацию упрощенных версий для экспертного сообщества.

Ключевые слова: государственные финансы, мониторинг, анализ, прогнозирование, моделирование, геополитическая нестабильность, система, архитектура, эффективность, финансово-экономические показатели

Финансирование: статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

Для цитирования: Кузнецов Н. В., Котова Н. Е. Российский и зарубежный опыт построения комплексных систем анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами // Бизнес. Образование. Право. 2025. № 3(72). С. 54—63. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.72.1410.

Review article

RUSSIAN AND FOREIGN EXPERIENCE IN BUILDING COMPLEX SYSTEMS OF ANALYSIS AND FORECASTING IN THE FIELD OF PUBLIC FINANCE MANAGEMENT

5.2.3 — Regional and sectoral economy

Abstract. *The article presents a comprehensive analysis and systematization of Russian and foreign experience in building systems of analysis and forecasting in the field of public finance management. The authors emphasize the increasing role of these tasks in the context of instability and modern geopolitical challenges. The relevance of the work is due to the increased need for highly accurate and prompt forecasts in modern turbulent conditions for the formation of adequate budget, tax and monetary policies. The work considers key domestic developments in this area, including models of RAS institutes (Central Economic and Mathematical Institute of RAS, Institute of National Economic Forecasting of RAS), leading research centers (Center for Macroeconomic Analysis and Short-Term Forecasting, Gaidar Institute for Economic Policy) and the most advanced macroeconomic model of the Bank of Russia. The most developed foreign systems of analysis and forecasting used by government bodies of such countries as the USA, China, Great Britain, the UAE, Brazil, and Israel*

are also analyzed. Particular attention is paid to the architecture of the system, its structural features, underlying methods and models, time horizons of analysis and forecasting, as well as practical application. The main advantages and disadvantages are highlighted for each system. The general problem of insufficient openness of methodological and technical documentation of such systems is noted, which complicates their deep comparative analysis. Based on the comparative analysis, the authors formulate a number of strategic recommendations for the development of Russian systems, including the introduction of a modular design principle, the creation of a single source of forecasts for all government agencies, the development of regional and industry sections, the active implementation of artificial intelligence methods and ensuring transparency through the publication of simplified versions for the expert community.

Keywords: *public finances, monitoring, analysis, forecasting, modeling, geopolitical instability, system, architecture, efficiency, financial and economic indicators*

Funding: the article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under a state assignment for the Financial University.

For citation: Kuznetsov N. V., Kotova N. E. Russian and foreign experience in building complex systems of analysis and forecasting in the field of public finance management. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2025;3(72):54—63. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.72.1410.

Введение

Актуальность. Мониторинг текущей финансово-экономической ситуации, ее развернутый анализ и построение на его основе вариативных прогнозов дальнейшего развития экономики играет сегодня ключевую роль в принятии решений в сфере управления государственными финансами. Без этого оказывается фактически невозможным сформировать адекватную социально-экономическую, денежно-кредитную, фискальную и другие политики, невозможно разрабатывать стратегии социально-экономического развития, национальные программы, государственные проекты и т. п. Разработкой и развитием подобных систем сегодня заняты как российские, так и иностранные ученые и специалисты (см., напр.: [1]).

При этом требования к качеству анализа и прогнозирования дополнительно возросли в последнее время, что обусловлено усилением потребности в оперативной разработке решений, направленных на нейтрализацию новых рисков и вызовов, порождаемых ухудшающейся мировой геополитической и геоэкономической ситуацией. В особенной мере это касается нашей страны, экономика и финансовая система которой вынуждена функционировать в условиях беспрецедентно возрастающего внешнего давления [только за последние 3,5 года против нашей страны, ее институтов и бизнес-структур было введено почти 24 тысячи различных санкционных ограничений (<https://www.castellum.ai/russia-sanctions-dashboard>)]. В этих условиях обострился запрос на более гибкие, адаптивные и комплексные системы анализа и прогнозирования, способные учитывать резкие (скачкообразные) изменения показателей и моделировать воздействие различных сценарных условий и политических решений.

Таким образом, исследования, направленные на разработку рекомендаций по развитию и повышению эффективности системы анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами в Российской Федерации, представляются сегодня достаточно актуальными и своевременными.

Изученность проблемы. Вопросам организации и осуществления процедур мониторинга, анализа и прогнозирования в сфере управления государственными (публичными) финансами посвящен ряд работ ученых и практиков (см., напр.: [2—4] и др.). При этом, как показывает их анализ, среди ученых до сих пор существует дискуссия о том какие же именно подходы и методы дают наиболее качественные результаты. Эта дискуссия многократно обострилась в последние годы, что обусловлено беспрецедентным усилением турбулентности мировой экономики [4]. Однако мнение большинства ученых сходится в одном — комплексность современных задач управления государственными финансами такова, что речь сегодня должна идти уже не о разработке отдельных моделей (пусть даже и довольно развитых), а о создании разветвленных и многоуровневых систем, охватывающих одновременно целый ряд смежных направлений с целью учета большого числа разнообразных факторов и их взаимосвязей (см., напр.: [2]).

При этом следует также отметить, что по-настоящему эффективные системы мониторинга, анализа и прогнозирования в сфере экономики и финансов крайне сложны для построения. Во-первых, потому, что финансовые процессы характеризуются высокой динамикой и высокой же степенью неопределенности. Находясь под влиянием большого числа разнообразных факторов,

которые просто невозможно полностью учесть в рамках модели, они обладают сложнопредсказуемой смесью трендов, циклическими и сезонными эффектами, а также значительной волатильностью [5]. А во-вторых, потому, что получаемые в ходе мониторинга и служащие базой для дальнейшего построения прогнозов данные, часто характеризуются нелинейностью, нестационарностью, наличием выбросов и аномалий [6], а также в некоторых случаях пропусками в данных [7] и отсутствием смыкания в рядах динамики, что обусловлено особенностями формирования и расчета соответствующих показателей [8].

Россия имеет достаточно большой опыт как в разработке моделей анализа и прогнозирования отдельных показателей, так и в построении комплексных систем финансово-экономического мониторинга и прогнозирования. При этом в нашей стране в настоящий момент параллельно существует, используется и развивается целый ряд систем, каждая из которых основана на своих подходах, имеет свою архитектуру, методологию и отличительные особенности. Исследования и практические разработки в данном направлении ведут и академические институты, и независимые научно-исследовательские центры, и различные финансовые организации (см., напр., обзор в: [1]). За рубежом подобные модели разрабатывают и активно используют органы финансового управления таких стран, как США, Китай, Великобритания, ОАЭ, Бразилия, Израиль и др.

Несмотря на обилие моделей, отсутствует их консолидированное сравнение, выявление общих тенденций и специфических национальных особенностей. Синтез этой информации позволяет не просто описать существующие решения, но и сформулировать конкретные, обоснованные предложения по развитию российского инструментария прогнозирования, избегая повторения чужих ошибок и заимствуя наиболее успешные практики.

Целесообразность разработки темы настоящей статьи обосновывается необходимостью обобщения накопленного российского и зарубежного опыта с целью выявления наилучших практик и оценки их возможной имплементации в систему управления государственными финансами в Российской Федерации.

Научная новизна статьи заключается в сопоставительном анализе накопленного российского и зарубежного опыта построения систем анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами и выявления наиболее перспективных подходов, которые могут быть применены в нашей стране.

Таким образом в ходе исследования ставятся **задачи** проведения комплексного сравнительного анализа ключевых систем анализа и прогнозирования экономических процессов, разработанных и используемых в нашей стране и за рубежом, выявления их сильных и слабых сторон, а также оценка потенциала использования лежащих в их основе научно-методологических подходов в сфере управления государственными финансами Российской Федерации.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии системного подхода к вопросу анализа и прогнозирования в сфере управления финансами, а также в расширении теоретико-методологической базы построения подобных систем на уровне государственного управления (уровне общественных финансов).

Практическая значимость работы состоит в выявлении и конкретизации направлений развития российских разработок в области анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами. Результаты работы могут быть использованы органами государственной власти и финансовыми регуляторами при определении стратегии развития государственных информационно-аналитических систем в сфере управления государственными финансами.

Основная часть

Методология и материалы исследования. Исследование основано на методах системного, сравнительного и комплексного анализа. Авторы не конструируют новые модели, а анализируют и сопоставляют существующие комплексные системы. Также применяется метод классификации (по странам, институтам, типам моделей, горизонтам прогнозирования). В качестве источников информации использованы научные публикации российских и зарубежных ученых, публичные отчеты и материалы Банка России и ряда зарубежных центральных банков, а также документы и материалы международных организаций, раскрывающие зарубежные модели анализа и прогнозирования. Такой подход позволяет провести всестороннюю оценку опыта построения систем анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами, выявить их сильные и слабые места, а также оценить потенциал применения лучших практики в российских условиях.

Результаты исследования. Наиболее значимые российские решения для анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами кратко представлены в табл. 1.

Таблица 1

Российские системные решения для анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами

Система	Краткая характеристика
<i>Разработаны институтами РАН</i>	
Модель экономики России Центрального экономико-математического института РАН	Не является в полном смысле «системой». По сути, представляет собой структурную эконометрическую модель, состоящую из набора взаимосвязанных уравнений. Однако она используется как база для разработки расширенных экосистемных решений
Комплекс моделей прогнозирования Института народнохозяйственного прогнозирования РАН	Система, состоящая из трех подсистем: подсистемы моделирования рыночного равновесия (на основе структурных моделей); подсистемы межотраслевых балансов (на основе балансовых моделей); подсистемы моделирования поведения субъектов рыночных отношений (на основе эконометрических моделей). При этом модели внутри этих подсистем дополнительно происходит разделение моделей на два уровня детализации прогнозных показателей: квартальный и годовой

Система	Краткая характеристика
<i>Разработаны научно-исследовательскими организациями</i>	
Модель Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования	Система, состоящая из трех подсистем: подсистемы краткосрочного прогнозирования социально-экономических показателей (на основе моделей временных рядов); подсистемы среднесрочного прогнозирования развития экономики (на основе модифицированной балансовой модели); подсистемы среднесрочного прогнозирования показателей системы национальных счетов (на основе моделей макроэкономических пропорций)
Модель прогнозирования Института экономической политики имени Е. Т. Гайдара	Система, состоящая из двух подсистем: подсистемы краткосрочного прогнозирования (на основе моделей временных рядов, расширенных моделями учета результатов экспертных опросов); подсистемы среднесрочного макроэкономического моделирования российской экономики (на основе эконометрических моделей)
<i>Разработаны финансовыми организациями</i>	
Макроэкономическая модель Банка России	Система, состоящая из трех двух ключевых подсистем: подсистемы краткосрочного прогнозирования (на основе моделей векторной авторегрессии и выборки смешанных данных); подсистемы среднесрочного прогнозирования (на основе модели динамического стохастического общего равновесия). При этом эти две подсистемы взаимно увязываются при помощи модели финансового программирования. Кроме того, система дополняется комплексом спутниковых эконометрических микромоделей

Примечание: составлено авторами.

Здесь одной из самых простых является модель экономики России, разработанная Центральным экономико-математическим институтом РАН [1]. Ее нельзя назвать «системой» во всей полноте этого слова. По сути, она представляет собой структурную эконометрическую модель в виде системы из шести одновременных уравнений. Модель позволяет формировать квартальные макроэкономические прогнозы на основе несезонной модели Холта—Винтерса. При этом прогнозируются следующие показатели: валовой внутренний продукт (далее — ВВП), индекс потребительских цен, совокупные доходы населения, величина конечного потребления, а также величина совокупных экспорта и импорта. Достоинством данной модели является ее простота, а также легкая интерпретируемость получаемых прогнозов. Недостатком же — отсутствие учета фактора сезонности. Модель детально описана во множестве публикаций сотрудников Центрального экономико-математического института РАН и поэтому довольно часто используется как база для разработки расширенных системных решений, использующих более глубокое моделирование отдельных компонентов.

Более глубокий подход к анализу и прогнозированию финансово-экономических показателей предлагает Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН [9]. Учеными института разработана система для краткосрочного и среднесрочного прогнозирования с годовой и квартальной детализацией показателей. Для укрупненного прогнозирования годовых показателей разработана межотраслевая модель экономики России *Russian Interindustry Model*, основанная на структурной модели рыночного равновесия, дополненной моделью межотраслевых балансов и эконометрическими моделями, описывающими поведение ключевых субъектов рынка. Модель позволяет получать прогнозы таких показателей, как ВВП, конечное потребление домашних хозяйств и организаций, капитальные вложения, валовое накопление и потребление основного капитала, прирост запасов, величина экспорта и импорта, ВВП, валовая добавленная стоимость, показатели занятости и заработной платы, среднеотраслевые цены на ключевые виды продукции, доходы, расходы

и дефицит бюджета, платежный баланс, денежные доходы и расходы населения и т. п. Для детализированного квартального прогнозирования (например, с целью осуществления сценарных расчетов на краткосрочную перспективу) разработана модель *Quarter Macroeconomic Model of Interactions for Russia (QUMMIR)*, представляющая собой систему из порядка 100 регрессионных уравнений, увязывающих между собой более 500 переменных. Модель позволяет получать множество различных оценок для показателей государственного бюджета, производства и потребления, внешней торговли, денежно-кредитных отношений, платежного баланса, труда и занятости и т. п.

Независимой некоммерческой исследовательской организацией «Центр макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования» разработана система анализа и прогнозирования финансово-экономических показателей, состоящая из трех подсистем соответственно кратко-, средне- и долгосрочного прогнозирования [2]. В подсистеме краткосрочного прогнозирования динамики социально-экономических показателей анализ осуществляется в помесечной детализации при помощи различных моделей временных рядов. При этом принято допущение о незначительности аномалий в данных. В связи с чем все ряды данных предварительно очищаются от выбросов, сезонности, пропусков и т. п. Таким образом, в итоге прогнозируются только устойчивые тренды и циклы. В подсистеме среднесрочного прогнозирования развития экономики страны анализ осуществляется в поквартальной детализации на основе балансовой модели, дополненной эконометрическими прогнозами. Основная задача данной модели — это разработка сценарных условий, которые будут играть роль входных данных для блока прогнозирования состояния показателей системы национальных счетов. В подсистеме долгосрочного прогнозирования показателей системы национальных счетов анализ осуществляется в годовой детализации на основе комплекса моделей макроэкономических пропорций. При этом осуществляется проверка результатов моделирования на сбалансированность, а также строятся прогнозные балансы системы национальных счетов.

Заслуживает внимания также система, разработанная Институтом экономической политики имени Е. Т. Гайдара (далее — ИЭП), состоящая из двух взаимосвязанных блоков [10]. Блок краткосрочного прогнозирования реализован с использованием моделей временных рядов, дополнительно расширенный специальными моделями для учета результатов экспертных опросов. Прогнозируется более 40 различных показателей из следующих блоков: промышленное производство, внешняя торговля, индексы цен и тарифов, валютные курсы, показатели уровня жизни населения. Блок среднесрочного макроэкономического моделирования реализован с использованием эконометрических моделей. Прогнозируется всего 9 показателей: ВВП, доходы, расходы и дефицит (профицит) федерального бюджета, номинальный курс рубля к доллару США, темпа прироста и объем денежной массы М2, номинальный объемов резервных денег и золотовалютных резервов. При этом глубина прогнозирования не превышает 3 года. На основе этой системы ИЭП регулярно проводит и публикует оценку индикаторов финансовой стабильности страны. Отметим, что подход ИЭП не предполагает проведение прогноза показателей отдельных отраслей или регионов.

Одной из наиболее развитых на настоящее время систем анализа и прогнозирования в России является макроэкономическая модель Банка России, разработанная и используемая Центральным банком (далее — ЦБ) РФ для прогнозирования таких показателей, как ВВП, инфляция, валютный курс, инвестиции в основной капитал, процентная ставка в экономике, торговый баланс, безработица и др., с целью принятия на ее основе решений по денежно-кредитной политике. В рамках данной системы ЦБ РФ проводит анализ текущей экономической ситуации, а также формирует краткосрочные и среднесрочные прогнозы, используя в первом случае комплекс эконометрических моделей, а во втором — различные версии новокейнсианских моделей общего динамического равновесия.

В рамках краткосрочных прогнозов ЦБ РФ использует метод комбинированных прогнозов, который предполагает применение следующих моделей: векторная авторегрессия (*Vector autoregression*; далее — *VAR*) и выборка смешанных данных (*Mixed-data sampling*; далее — *MIDAS*) [11]. Модель *VAR* представляет собой расширение традиционной одномерной авторегрессионной модели до динамических многомерных временных рядов. Она зарекомендовала себя как одна из наиболее успешных, гибких и простых в использовании для анализа и прогнозирования экономических и финансовых процессов. *MIDAS* — это подход к прямому прогнозированию, который позволяет повысить устойчивость моделей к ошибкам в случаях, когда данные, используемые для построения прогноза, не являются достаточно надежными, а динамический ряд исторических данных короткий. Основными преимуществами эконометрических моделей заключается в том, что их можно использовать для прогнозирования направления и степени изменения общей экономической активности или любых ее компонентов. При этом такого рода модели предоставляют значения независимых переменных «изнутри» модели, тем самым освобождая специалиста от необходимости проведения их экзогенной оценки. К общим же недостаткам такого вида прогнозов можно отнести то, что в их основе лежат регрессионные модели,

предполагающие наличие связей между результативным признаком и факторами (предикторами), которые должны быть экзогенными или находится вне влияния зависимой переменной. Однако на практике в большинстве экономических ситуаций предположение о том, что каждая из переменных по-настоящему независимой, не соответствует действительности.

Для среднесрочного прогнозирования ЦБ РФ использует различные версии новокейнсианской модели динамического стохастического общего равновесия (*Dynamic stochastic general equilibrium*; далее — *DSGE*), которые содержат следующие блоки уравнений: поведенческие уравнения агентов; уравнения, описывающие процессы производства тех или иных товаров или услуг; балансовые соотношения; и уравнения экзогенных процессов. Основным преимуществом применения *DSGE* моделей является то, что они учитывают передачу случайных «шоков» в экономику и последующие за этим экономические колебания. Кроме того, данные модели за счет наличия в них четкой структуры обладают хорошей интерпретируемостью. Однако при этом, будучи основанными на квартальных данных, такие модели уязвимы для задержки публикации квартальных национальных счетов.

Краткосрочные и среднесрочные прогнозы ЦБ РФ взаимосвязаны между собой единой моделью финансового программирования, которая представляет собой комплекс математических моделей, описывающих финансовые потоки, целевые ориентиры и ограничения. При этом, в зависимости от ситуации, могут использоваться линейные или нелинейные, статические или динамические соотношения.

Итоговый прогноз ЦБ РФ строится в несколько этапов: сначала формируются сценарии краткосрочных прогнозов и производится подбор необходимых моделей для каждого показателя в отдельности. Затем происходит расчет краткосрочных прогнозов с использованием структурных и эконометрических моделей. Далее происходит проверка согласованности моделей через единую модель финансового программирования, где рассчитываются дополнительные показатели (индикаторы), которые способны сигнализировать о несоответствии в прогнозах различных секторов экономики. Отметим, что подобные подходы широко применяются в мировой практике прогнозирования (например, аналогичный подход используется специалистами Международного валютного фонда для прогнозирования динамики экономик различных стран мира и их сопоставления).

Кроме того, система ЦБ РФ дополнена также комплексом спутниковых эконометрических моделей, используемых для дополнительного учета данных, полученных в ходе мониторинга ситуации на микроуровне по различным направлениям. Эти модели позволяют оценить эффекты, невидимые на макроуровне из-за высокой степени агрегации данных, тем самым существенно обогащая анализ и понимание экономических процессов. В качестве примера таких моделей можно привести модели, предназначенные для учета результатов опросов населения и финансовой отчетности компаний.

Ключевой недостаток системы ЦБ РФ проистекает из особенностей технической реализации использованных методов прогнозирования. Например, одним из основных недостатков ключевого для системы метода *VAR* является

квадратичное увеличение пространства параметров с увеличением количества включенных рядов. Это делает систему ЦБ РФ крайне ресурсоемкой (т. е. требовательной к задействованной вычислительной мощности и времени, необходимому для проведения расчетов). Впрочем, данное ограничение едва ли сегодня является критичным для организации, обладающей столь глобальными вычислительными возможностями, как ЦБ РФ.

Обобщая российский опыт построения систем анализа и прогнозирования, можно отметить, что в основной массе получаемые в них данные имеют инерционный характер, поскольку используемые модели основаны на про-

гнозе тренда данных (т. е. сложившейся до момента прогноза динамики). При этом используемые модели часто предполагают сохранение в течение прогнозного периода зависимостей, сложившихся между экзогенными и эндогенными переменными, что существенно снижает прогностическую способность в случае резких и амплитудных (скачкообразных) изменений тех или иных показателей, что, например, характерно для условий экономического кризиса.

Наиболее значимый зарубежный опыт в области анализа и прогнозирования в сфере управления государственными финансами кратко представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Зарубежные системные решения для анализа и прогнозирования
в сфере управления государственными финансами**

Страна	Система	Краткая характеристика
США	<i>Federal Reserve Board / U.S. Model (FRB/US)</i>	Система, разработанная Федеральная резервная система (далее — ФРС) США. Представляет собой совокупность линейных и авторегрессионных моделей, а также модели динамической оптимизации. Используется для прогнозирования ряда финансово-экономических показателей (ВВП, инфляция, безработица, инвестиции, потребительские расходы и др.)
Китай	<i>China General Equilibrium Model (CHINAGEM)</i>	Система на основе динамической модели общего равновесия. Используется для прогнозирования финансово-экономических показателей страны и анализа эффективности государственной экономической политики. Ее особенностью является учет сложной взаимосвязи различных секторов экономики и регионов, сложного финансового механизма, денежно-кредитной политики и фискального режимов Китая
Великобритания	<i>UK Macroeconometric Model (UKMOD)</i>	Система на основе комплекса эконометрических моделей. Используется для анализа и прогнозирования показателей социально-экономического развития. Ее особенностями являются использование широкого спектра гибко настраиваемых сценарных условий, а также возможность формирования прогнозов как в целом по стране, так и по отдельным регионам
Объединенные Арабские Эмираты	<i>UAE Macroeconomic Model</i>	Система на основе комплекса различных моделей авторегрессии. Используется для прогнозирования финансово-экономических показателей страны и анализа влияния на экономику внешней конъюнктуры (ситуации на мировых рынках). Ее особенностью является повышенная глубина детализации прогнозов для ключевых секторов экономики ОАЭ
Бразилия	<i>Sistema de Indicadores de Modelagem e Previsão Econômica</i>	Система на основе расширенных моделей авторегрессии, нейронных сетей и машинного обучения. Используется для прогнозирования макроэкономических и отраслевых финансово-экономических показателей. Ее особенностью является концентрация на ключевых отраслях бразильской экономики (сельское хозяйство, добывающая промышленность, сфера услуг)
Израиль	<i>Israel Macroeconomic Model (IZM)</i>	Система на основе адаптивной макро-эконометрической модели квартального прогнозирования. Используется для анализа и прогнозирования ограниченного набора ключевых показателей финансово-экономического развития. Ее особенностью является использование полуструктурных (упрощенных) моделей, а также сложных и многовариантных макроэкономических сценариев

Примечание: составлено авторами.

Одной из наиболее развитых на настоящее время систем является модель экономики *Federal Reserve Board / U.S. Model (FRB/US)* [12], разработанная экспертами ФРС США и широко используемая в настоящее время всеми органами федеральной власти этой страны. Данная система представляет собой совокупность моделей, ориентированных на прогнозирование и анализ таких экономических показателей как реальный ВВП и его основные компоненты, несколько различных показателей инфляции и цены ключевых активов, показатели рынка труда и уровень безработицы, инвестиции в основной капитал, основные категории национального дохода, потребительские расходы, а также накопления домохозяйств. В системе сделан упор на моделирование и изучение влияния на данные показатели изменяющей-

ся макроэкономической ситуации и проводимой в ответ на это государством экономической политики. С этой точки зрения отличительной особенностью *FRB/US* является ее способность гибко переключаться между альтернативными предположениями, а используемая в моделях теория оптимизации позволяет в итоге лучше отражать закономерности в исторических данных и осуществлять моделирование экономики с углубленной проработкой деталей. В системе применяются линейные (*LINVER*) и авторегрессионные (*VAR*) модели, а также модели динамической оптимизации (*EDO*). Применение линейных моделей *LINVER* обусловлено тем, что они, как правило, имеют простые аналитические решения, в то время как решения нелинейных моделей требуют использования более медленных и требовательных к вычислительным

ресурсам итерационных численных методов. Преимущество линейности в скорости расчета особенно заметно при формировании многовариантных прогнозов. Используемые в системе модели *VAR* имеют расширенный спектр параметров, что с одной стороны допускает использование нелинейных зависимостей между эндогенными переменными, однако с другой существенно затрудняет построение моделей большой размерности. Модели *EDO* представляют собой набор среднемасштабных новокейнсианских динамических стохастических моделей общего равновесия. Данные модели основаны на дезагрегации внутренних расходов США, а также разделении производственных секторов по скорости их роста (быстрорастущие и медленно растущие отрасли). Эти модели носят дополнительный характер и служат для детализации анализа в отдельных областях.

Основой анализа и прогнозирования финансово-экономических показателей в сфере управления государственными финансами в Китае является система *China General Equilibrium Model (CHINAGEM)* [13]. Данная система является единой для всех государственных структур Китая и ведомств. Такой подход позволяет обеспечить принятие решений и планирование будущих действий всеми органами государственной власти на основе единых данных и единой методологии их обработки. *CHINAGEM* основана на разработанной в Университете Монаша (Австралия) динамической модели общего равновесия (*MONASH Dynamic General Equilibrium Model*). Модель предполагает, что экономика функционирует в равновесии, когда спрос и предложение всех ее секторов (на всех рынках) находятся в балансе. В ходе моделирования производится оценка влияния изменений в одной части экономики на все ее другие секторы и на общий результат. Особенностью китайской реализации системы *CHINAGEM* является учет сложной взаимосвязи различных секторов экономики и регионов страны, сложного финансового механизма Китая, особенностей его денежно-кредитной политики и фискального режимов. В результате система позволяет гибко изменять различные параметры и условия, что позволяет формировать довольно «тонкую настройку» сценариев прогнозирования, а также проводить анализ воздействия изменений в экономике на состояние ее субъектов (вплоть до отдельных социально-экономических групп населения). В качестве недостатков системы можно отметить ее существенную структурную и алгоритмическую сложность, что в значительной мере затрудняет ее программную реализацию и дальнейшее развитие. Кроме того, для эффективного использования модели необходимо наличие очень подробных и актуальных данных таблиц «затраты — выпуск», которая в условиях нашей страны часто оказываются недоступны. В качестве отдельного недостатка можно отметить фокусировку системы исключительно на экономических аспектах, без учета социальных и политических факторов, что в условиях Китая может подчас иметь решающее значение. Однако данный недостаток относится не к применяемым для построения системы цифровым технологиям или инструментальным средствам, а исключительно и только к китайской специфике. Тем не менее, по отзывам ученых и специалистов (см., напр. [14]), можно заключить, что, несмотря на все имеющиеся сложности, подход *CHINAGEM* показывает свою эффек-

тивность при поиске ответов на множество различных вопросов в сфере управления государственными финансами, таких как, например, оценка влияния изменений в налогах на экономические показатели, прогноз динамики общественного потребления, прогноз цен на сырьевые товары, оценка влияния процентных ставок в экономике на курс национальной валюты, прогнозы рынка труда и т. п. Кроме того, он также хорошо зарекомендовал себя при разработке государственных программ по различным направлениям (например, строительство объектов инфраструктуры, разработка месторождений полезных ископаемых, проекты технологического развития и др.).

В Великобритании для анализа и прогнозирования финансово-экономических показателей в сфере управления государственными финансами используется система *UK Macroeconometric Model (UKMOD)* [15]. В основе системы *UKMOD* лежит комплекс эконометрических моделей, описывающих взаимосвязи и взаимовлияние различных факторов на экономику страны. Ее отличительной особенностью является способность учесть сложные взаимосвязи между различными секторами экономики и адаптироваться к изменяющимся условиям. Кроме того, она реализует дополнительные функции, которые облегчают анализ и прогнозирование экономических показателей в Шотландии, Уэльсе, Северной Ирландии и Англии по отдельности, а также в Великобритании в целом. При этом *UKMOD* учитывает множество различных внешних факторов, включая макроэкономические переменные, данные финансовых рынков, данные международной торговли и даже данные, отражающие политику ФРС США как глобального игрока мировой экономической системы. Особенностью системы *UKMOD* является наличие двух интерфейсов. Подробного пользовательского интерфейса, с помощью которого пользователи могут изменять все доступные параметры модели, сценарии и допущения, и упрощенного (*UKMOD Light*), который использует интуитивно понятные веб-формы, позволяющие изменять только некоторые ключевые параметры. Такой подход позволил разграничить уровень доступа к системе, сделав ее полную версию доступной только для профессионалов, а упрощенную — для широкого круга пользователей, в том числе и не являющихся профессионалами в сфере финансового или экономико-математического моделирования.

Министерство финансов Объединенных Арабских Эмиратов и другие органы государственной власти этой страны используют для анализа и прогнозирования финансово-экономических показателей систему *UAE Macroeconomic Model* [12]. Данная система включает в себя комплекс моделей векторной авторегрессии *VAR*, интегрированные модели авторегрессии (*Autoregressive integrated moving average*; далее — *ARIMA*), а также обобщенные авторегрессионные условные гетероскедастичные модели (*Generalized autoregressive conditional heteroscedastic model*; далее — *GARCH*). При этом модели *ARIMA* используются для прогнозирования временных рядов с учетом трендов, сезонности и случайные колебаний в данных, что позволяет более точно прогнозировать будущие значения показателей с явно выраженной цикличностью и трендами. Модели *GARCH* ориентированы на прогнозирование цен на активы

с высокой волатильностью, которые демонстрируют кластеризованные периоды нестабильности (например, нефть или финансовые инструменты). Система позволяет строить экономические прогнозы в отношении большого числа макропоказателей, а также оценивать влияние изменений в мировой торговле и влияние проводимой в ответ экономической политики страны на экономическое развитие ОАЭ. Ее особенностью является глубокая детализация показателей нефтяной промышленности, финансовой сферы и сферы туризма, которые сегодня являются ключевыми отраслями экономики ОАЭ.

Центральный Банк, Министерство экономики и ряд других государственных органов Бразилии используют для прогнозирования финансово-экономических показателей систему *Sistema de Indicadores de Modelagem e Previsão Econômica* [16]. Данная система представляет собой набор статистических моделей, используемых для анализа экономических данных и выявления закономерностей и взаимосвязей между различными экономическими переменными (индикаторами). На основе выявленных закономерностей система генерирует прогнозы развития ключевых отраслей бразильской экономики на различные временные горизонты. При этом особый упор делается на сельское хозяйство, добывающую промышленность и сферу услуг. В основе системы лежат расширенные модели авторегрессионного интегрированного скользящего среднего с экзогенной переменной (*AutoRegressive Integrated Moving Average eXtended*; далее — *ARIMAX*), нейронные сети типа многослойного персептрона (*Multilayered perceptron*; далее — *MLP*), а также алгоритмы экстремального машинного обучения (*Extreme Learning Machine*; далее — *ELM*). Если рассмотренные ранее и более распространенные модели *VAR* предназначены для анализа многомерных временных рядов, то модели *ARIMAX* фокусируются на одномерных временных рядах с экзогенными переменными (т. е. внешними факторами, которые могут влиять на временные ряды, но при этом не являются их частью). Использование нейронных сетей (в частности, *MLP*) позволяет относительно быстро находить приближенные решения для чрезвычайно сложных задач большой размерности. В частности, они зарекомендовали себя как «универсальные аппроксиматоры функций» (см., напр.: [17]), и поэтому являются эффективной основой для построения предиктивных моделей (как линейных, так и нелинейных). В сочетании со специальным алгоритмом обучения *ELM*, который сходится намного быстрее, чем традиционные методы, система получает существенную производительность и точность прогнозирования. В качестве основного недостатка используемого подхода можно указать то, что при применении технологий нейронных сетей и машинного обучения теряется интерпретируемость получаемых моделей. Строго говоря, не ясно как именно такая модель делает свои прогнозы, поэтому их часто по праву называют «черными ящиками».

В Израиле для анализа и прогнозирования финансово-экономических показателей используется система *Israel Macroeconomic Model (IZM)* представляющая собой адаптивную макро-эконометрическую модель квартального прогнозирования [18]. В основе системы *IZM* лежит полуструктурная модель, устанавливающая

взаимосвязи между ограниченным набором ключевых макропеременных, характеризующих экономику страны. При этом полагается, что экономика страны полностью открыта для остального мира, что позволяет использовать глобальные экономические показатели как внешние сценарные условия и оценить их влияние на экономику страны. Особенностью *IZM* является ее способность адаптироваться (подстраиваться) к сложным и динамически меняющимся внешним условиям. Преимущества такого подхода заключаются в возможности анализировать ключевые экономические механизмы при сохранении простоты и минимализма модели, что существенно облегчает как программную реализацию и использование модели, так и последующую интерпретацию полученных результатов. Кроме того, такой подход позволяет при необходимости легко расширять функционал модели путем интеграции дополнительных модулей относительно простым и быстрым способом. Недостаток же данного подхода проистекает из частичной структурированности используемых моделей. У моделей данного типа, по сравнению со структурными моделями, чаще возникают трудности при предоставлении структурной интерпретации различных параметров и факторов.

Выводы

Анализ опыта различных стран для построения систем анализа и прогнозирования финансово-экономических показателей в сфере управления государственными финансами, является важным шагом для выявления оптимального направления развития российских разработок в этой сфере.

К сожалению, рассматривая представленные выше системы (как российские, так и зарубежные), можно отметить общий для них негативный факт — отсутствие документации уровня детализации, которой был бы достаточен для проведения глубокого анализа. При этом недостаток сведений наблюдается как в методологической, так и в технической области. Так, в области методологии публикуются лишь общие сведения о структуре системы и используемых методах прогнозирования. Подробная спецификация применяемых моделей и результаты оценки качества прогнозов не раскрываются. В области технической реализации систем раскрываются лишь отрывочные сведения об используемых цифровых технологиях, программных и аппаратных решениях, а также инструментальных средствах. Можно сделать вывод, что разработчики систем анализа и прогнозирования сознательно не раскрывают соответствующую информацию, представляя свои системы в виде «черного ящика», с целью затруднения шпионажа или недобросовестного заимствования своих разработок. Очевидно, что для систем такого уровня определенная секретность необходима. Однако, с другой стороны, это лишает материала и добросовестных исследователей.

Тем не менее сравнительный анализ позволяет сделать вывод о современных мировых тенденциях в этой области, а также наметить подходы к дальнейшему развитию российских разработок. Так, анализируя российские разработки, следует выделить как наиболее продвинутую используемую в настоящий момент макроэкономическую модель Банка России. Обобщая зарубежный опыт построения систем анализа и прогнозирования финансово-экономических показателей в сфере управления государственными

финансами, в качестве их наиболее перспективных подходов, которые могут быть применены в нашей стране, можно выделить следующие:

- построение архитектуры системы по модульному принципу, что обеспечивает простоту сопровождения системы и ее последующей модификации (опыт США и Израиля);
- использование одной системы как единого источника прогнозов для всех без исключения государственных структур (опыт Китая);
- возможность формирования прогнозов как в целом по стране, так и отдельно по макрорегионам (опыт Великобритании);

- детальное моделирование наиболее важных для страны секторов экономики (опыт ОАЭ и Бразилии);
- использование в качестве сценарных условий широкого спектра макроэкономических данных, включая прогнозы развития других государств, прогнозы динамики мировых рынков и т. п. (опыт Великобритании, ОАЭ и Израиля);
- обеспечение свободного доступа к упрощенному варианту системы прогнозирования для широкого круга пользователей (опыт Великобритании);
- использование для построения прогнозов нейронных сетей и машинного обучения (опыт Бразилии).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Искусство макропрогнозирования: модели, эксперты и «большие данные» : докл. НИУ ВШЭ / рук. авт. кол.: Н. В. Акиндинова, С. В. Смирнов. М. : Изд. дом Высш. шк. экономики, 2024. 128 с.
2. Белоусов Д. Р., Громов А. Д., Михайленко К. В., Пенухина Е. А. О построении количественной модели российской экосистемы ИКТ // Проблемы прогнозирования. 2018. № 4(169). С. 129—141.
3. Моделирование долгосрочного социально-экономического развития России : моногр. / Н. М. Абдикеев, Ф. Ф. Пашченко, В. Б. Гусев и др. М. : КноРус, 2019. 218 с.
4. Красюк Т. Н. Проблемы управления адаптивностью экономической системы на примере финансовой экосистемы // Вестник экспертного совета. 2021. № 2(25). С. 83—89.
5. Barsoum F., Stankiewicz S. Forecasting GDP growth using mixed-frequency models with switching regimes // International Journal of Forecasting. 2015. Vol. 31. Iss. 1. Pp. 33—50. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2014.04.002.
6. Матросов В. В., Шалфеев В. Д., Моделирование экономических и финансовых циклов: генерация и синхронизация // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2021. Т. 29. Вып. 4. С. 515—537. DOI: 10.18500/0869-6632-2021-29-4-515-537.
7. Старовойтов В. Г., Кузнецов Н. В., Котова Н. Е., Лапенкова Н. В. Проблема обеспечения качества данных в информационных системах государственного управления // Фундаментальные исследования. 2019. № 11. С. 174—178.
8. Кузнецов Н. В. Использование аддитивных регрессионных моделей для краткосрочного прогнозирования финансовых макропоказателей и оценки потенциала финансирования мегапроектов // Финансы и управление. 2023. № 2. С. 15—26. DOI: 10.25136/2409-7802.2023.2.43657.
9. Широков А. А., Брусенцева А. Р., Савчишина К. Е., Каминова С. В. Прогнозно-аналитические возможности макроэкономических моделей в условиях кризисного развития экономики (на примере модели QUMMIR) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. Т. 15. № 6. С. 35—51. DOI: 10.15838/esc.2022.6.84.2.
10. Проблемы развития единого комплекса средств макроэкономического межрегионального межотраслевого анализа и прогнозирования / В. А. Крюков, А. О. Баранов, В. Н. Павлов и др. // Экономика региона. 2020. Т. 16. № 4. С. 1072—1086. DOI: 10.17059/ekon.reg.2020-4-5.
11. Гуценко П. Р., Чернов В. П. К вопросу о направлениях модернизации прогнозных моделей Банка России // Современная экономика: проблемы и решения. 2025. № 2(182). С. 8—17. DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2025/2/8-17.
12. Погосян Г. П. Системы макроэкономического прогнозирования и планирования в зарубежных странах // Самостоятельное. 2023. № 3(136). С. 548—551.
13. CHINAGEM – A Dynamic General Equilibrium Model of China: Theory, Data and Applications / ed. X. Peng. Singapore : Springer, 2023. X, 288 p. DOI: 10.1007/978-981-99-1850-8.
14. Błażejowski M., Kwiatkowski J., Kufel P. BACE and BMA Variable Selection and Forecasting for UK Money Demand and Inflation with Gretl // Econometrics. 2020. Vol. 8. Iss. 2. Art. 21. DOI: 10.3390/econometrics8020021.
15. Richiardi M., Collado D., Popova D. UKMOD – A new tax-benefit model for the four nations of the UK // International Journal of Microsimulation. 2021. Vol. 14. Iss. 1. Pp. 92—101. DOI: 10.34196/ijm.00231.
16. Godeiro L. L. Ensaios sobre Modelos de Previsão Econômica. João Pessoa, 2018. 116 f. URL: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15198/1/Arquivototal.pdf> (дата обращения: 01.07.2025).
17. Кочеваткина Э. Ф., Миляева Н. В., Устинова Н. Н. Применение нейронных сетей для прогнозирования экономических явлений // Modern Economy Success. 2022. № 2. С. 100—106.
18. Chen Zion Y. Estimation of a Macroeconomic Model for the Israeli Economy : Discussion Paper 2021.22. Bank of Israel, December 2021. 40 p. URL: <https://www.boi.org.il/media/1nwa3dnd/dp202122e.pdf> (дата обращения: 01.07.2025).

REFERENCES

1. The art of macroforecasting: models, experts, and big data. HSE Report. N. V. Akindinova, S. V. Smirnov (coords.). Moscow, HSE University publ., 2024. 128 p. (In Russ.)
2. Belousov D. R., Gromov A. D., Mikhailenko K. V., Penukhina E. A. On the Development of Russia's Information and Communication Technologies Ecosystem. *Studies on Russian Economic Development*. 2018;29(4):433—441. DOI: 10.1134/S1075700718040032.
3. Abdikeev N. M., Pashchenko F. F., Gusev V. B. et al. Modeling of long-term socio-economic development of Russia. Monograph. Moscow, Knorus, 2019. 218 p. (In Russ.)

4. Krasnyuk T. Problems of economic system adaptivity management on the example of the financial ecosystem. *Vestnik ekspertnogo soveta*. 2021;2(25):83—89. (In Russ.)
5. Barsoum F., Stankiewicz S. Forecasting GDP growth using mixed-frequency models with switching regimes. *International Journal of Forecasting*. 2015;31(1):33—50. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2014.04.002.
6. Matrosov V. V., Shalfeev V. D. Simulation of business and financial cycles: Self-oscillation and synchronization. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Prikladnaya nelineinaya dinamika = Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*. 2021;29(4):515—537. (In Russ.) DOI: 10.18500/0869-6632-2021-29-4-515-537.
7. Starovoytov V. G., Kuznetsov N. V., Kotova N. E., Lapenkova N. V. The problem of ensuring data quality in public administration information systems. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*. 2019;11:174—178. (In Russ.)
8. Kuznetsov N. Using additive regression models for short-term forecasting of financial macro-indicators and assessing the potential for financing megaprojects. *Finansy i upravlenie*. 2023;2:15—26. (In Russ.) DOI: 10.25136/2409-7802.2023.2.43657.
9. Shirov A. A., Brusentseva A. R., Savchishina K. E., Kaminova S. V. Predictive and analytical capabilities of macro-economic models in conditions of crisis economic development (using the example of the QUMMIR model). *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2022;15(6):35—51. (In Russ.) DOI: 10.15838/esc.2022.6.84.2
10. Kryukov V. A., Baranov A. O., Pavlov V. N. et al. Problems in Developing a Comprehensive Toolkit for Macro-economic, Inter-regional, Inter-sectoral Analysis and Forecasting. *Ekonomika regiona = Economy of region*. 2020;16(4):1072—1086. (In Russ.) DOI: 10.17059/ekon.reg.2020-4-5.
11. Gutsenko P. R., Chernov V. P. To the question of optimum designing of building constructions. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya = Modern Economics: Problems and Solutions*. 2025;2(182):8—17. (In Russ.) DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2025/2/8-17.
12. Pogosyan G. P. Macroeconomic forecasting and planning systems in foreign countries. *Samoupravlenie*. 2023;3(136):548—551. (In Russ.)
13. CHINAGEM – A Dynamic General Equilibrium Model of China: Theory, Data and Applications. X. Peng (ed.). Singapore, Springer, 2023. X + 288 p. DOI: 10.1007/978-981-99-1850-8.
14. Błażejowski M., Kwiatkowski J., Kufel P. BACE and BMA Variable Selection and Forecasting for UK Money Demand and Inflation with Gretl. *Econometrics*. 2020;8(2):21. DOI: 10.3390/econometrics8020021.
15. Richiardi M., Collado D., Popova D. UKMOD – A new tax-benefit model for the four nations of the UK. *International Journal of Microsimulation*. 2021;14(1):92—101. DOI: 10.34196/ijm.00231.
16. Godeiro L. L. Ensaios sobre Modelos de Previsão Econômica. João Pessoa, 2018. 116 p. (In Portuguese) URL: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15198/1/Arquivototal.pdf> (accessed: 01.07.2025).
17. Kochevatkina E.F., Milyaeva N.V., Ustinova N.N. Application of neural networks for forecasting economic phenomena. *Modern Economy Success*. 2022;2:100—106. (In Russ.)
18. Chen Zion Y. Estimation of a Macroeconomic Model for the Israeli Economy. Discussion Paper 2021.22. Bank of Israel publ., December 2021. 40 p. URL: <https://www.boi.org.il/media/1nwa3dnd/dp202122e.pdf> (accessed: 01.07.2025).

Статья поступила в редакцию 30.07.2025; одобрена после рецензирования 06.09.2025; принята к публикации 08.09.2025.
The article was submitted 30.07.2025; approved after reviewing 06.09.2025; accepted for publication 08.09.2025.