

Научная статья

УДК 338.439

JEL: O13, O21, O38, Q18, R58

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2026.17.3.448-467>

Динамическое моделирование региональной продовольственной безопасности. Часть 1

Лобкова Елена Валерьевна¹¹ Сибирский федеральный университет; Красноярск, Россия¹ elobkova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2804-3427>

Аннотация

Цель – разработать комплекс динамических моделей на основе дифференциальных уравнений для количественного прогнозирования траекторий параметров продовольственной безопасности региона и выработки на этой основе корректирующих управленческих решений в рамках агропродовольственной политики.

Первая часть исследования посвящена формализации взаимосвязей показателей необходимых объемов производства, потребления и качества продовольствия.

Методы. Методология исследования основана на построении экономической модели продовольственной безопасности региона как набора дифференциальных уравнений, применяемых для оценки параметров системы и прогнозирования ее функционирования. Апробация модели проведена на данных Красноярского края.

Результаты работы. Представлен комплекс динамических моделей продовольственной безопасности региона, учитывающих производственные, потребительские и технологические факторы. Модели верифицированы на данных Красноярского края и обеспечивают количественный прогноз изменения индикаторов безопасности с точностью, достаточной для принятия управленческих решений. Получены оценки объемов производства, необходимых для внутреннего потребления региона, а также прогнозы динамики качества продовольствия. Сформулированы рекомендации по управлению агропродовольственной системой региона.

Выводы. К числу угроз, дестабилизирующих агропродовольственную систему Красноярского края, относятся: рост разрыва между фактическим сбором и необходимыми объемами производства овощей для покрытия текущего потребления по нормам, что ведет к прогнозу перелома тенденции приближения структуры питания к рациональным нормам на фоне роста цен. Аналогичные выводы характерны для производства и потребления молока и мяса, по которым присутствует высокая зависимость региона от ввоза. Указанные факты фиксируются на фоне прогнозируемого снижения качества продовольствия по ряду параметров, демонстрирующего худшую ситуацию, чем в среднем по стране. Для нивелирования выявленных рисков требуется корректировка региональных программ по увеличению производства овощей, стимулированию молочного и мясного животноводства, внедрение системы прослеживаемости продукции.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, дифференциальные уравнения, прогнозирование, экономическая доступность, объемы производства и потребления, качество продовольствия

Благодарность. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Красноярского краевого фонда науки в рамках проекта «Разработка методического подхода для оценки и управления продовольственной безопасностью на региональном уровне в условиях глобальной цифровизации» № 25-28-20157, <https://rscf.ru/project/25-28-20157/>.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лобкова Е. В. Динамическое моделирование региональной продовольственной безопасности. Часть 1 // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2026. Т. 17. № 3. С. 448–467

EDN: <https://elibrary.ru/oxyofy>, <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2026.17.3.448-467>

© Лобкова Е. В., 2026



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Dynamic modeling of regional food security. Part 1

Elena V. Lobkova¹

¹ Siberian Federal University; Krasnoyarsk, Russia

¹elobkova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2804-3427>

Abstract

Purpose: to develop a comprehensive set of dynamic models based on differential equations for quantitative forecasting of regional food security parameters trajectories, and on this basis, to formulate corrective managerial decisions within the framework of agrifood policy.

The first part of the study is devoted to formalizing the interrelationships among the indicators of required food production volumes, consumption, and food quality characteristics.

Methods: the research methodology is based on constructing an economic model of regional food security as a set of differential equations used to assess the system's parameters and predict its functioning. The model was validated using data from Krasnoyarsk Krai.

Results: a set of dynamic models of regional food security is presented, incorporating production, consumption and technological factors. The models have been verified against statistical data from Krasnoyarsk Krai and provide quantitative forecasts of changes in security indicators with sufficient accuracy for managerial decision-making. Estimates of production volumes required to meet regional domestic consumption were obtained, along with forecasts of food quality dynamics. Recommendations for the management of the region's agrifood system are formulated.

Conclusions and Relevance: among the threats destabilizing the agrifood system of Krasnoyarsk Krai are the following: the widening gap between actual harvest yields and the required production volumes of vegetables needed to cover current consumption according to nutritional standards, which points to a projected inflection point in the trend toward aligning the dietary structure with rational norms amid rising prices. Similar conclusions were obtained for milk and meat production and consumption, for which the region exhibits a high dependency on imports. These trends are observed against the backdrop of a projected decline in food quality across a number of parameters, indicating a situation worse than the national average. To mitigate the identified risks, adjustments to regional programs are required to expand vegetable production, stimulate dairy and meat livestock farming, and implement a product traceability system.

Keywords: food security, differential equations, forecasting, economic accessibility, production and consumption volumes, food quality

Acknowledgments. This research was funded by a grant from the Russian Science Foundation and the Krasnoyarsk Regional Science Foundation within the framework of project № 25-28-20157 «Development of a methodological approach for assessing and managing food security at the regional level in the context of global digitalization», <https://rscf.ru/project/25-28-20157/>.

Conflict of Interest. The author declares that there is no Conflict of Interest.

For citation: Lobkova E. V. Dynamic modelling of regional food security. Part 1. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2026; 17(3):448–467. (In Russ.)

EDN: <https://elibrary.ru/oyrofy>. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2026.17.3.448-467>

© Lobkova E. V., 2026

Введение

Осмысление вызовов в сфере национальной продовольственной безопасности неизбежно приводит к рассмотрению достижений, проблем и рисков обеспечения продовольствием населения регионов. Состояние продовольственной безопасности страны напрямую зависит от того, насколько результативно работают агросистемы регионов. Каждый регион, опираясь на свои ресурсы и производственный комплекс, формирует часть общего результата. При этом вклад территорий в обеспечение продовольственной безопасности страны крайне дифференцирован ввиду природно-климатических различий и других составля-

ющих аграрного потенциала. Неоднородность отечественного АПК выступает системной чертой, управленческая задача в отношении которой сводится к рациональному использованию локальных преимуществ, чтобы каждый регион смог реализовать свою специализацию в рамках единого хозяйственного комплекса и поддерживал национальный суверенитет в сфере продовольствия [1–3].

Дифференцированный аграрный потенциал регионов ведет к неравномерности самообеспечения продуктами [3]. На уровне отдельных субъектов РФ категория «продовольственная безопасность» трактуется как самодостаточность региона по перечню продуктов, установленному Доктриной

продовольственной безопасности РФ (2020 г.)¹. Однако нельзя упускать и другие аспекты, дополняющие сферу продовольственной безопасности: качество продуктов и соответствие нормам; сосредоточение производства на ограниченных территориях, где работают крупные агрохолдинги (финансовые сложности последних способны спровоцировать снижение выпуска продовольствия в регионе, подорвать самодостаточность и усилить зависимость от ввоза); технологическое обеспечение производства сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Систематизация факторов продовольственной безопасности позволяет обосновать направления агропродовольственной политики – от импортозамещения к формированию экспортного потенциала. Реализация направлений обеспечит устойчивое снабжение населения экономически доступными отечественными продуктами, повысит уровень жизни и укрепит геополитические позиции России.

Задача регионов в обеспечении национальной продовольственной безопасности состоит в интеграции в общероссийскую систему на основе эффективного межтерриториального разделения труда, углубления отраслевой специализации и достижения экономически обоснованного баланса между собственным производством и поставками из других субъектов. Для территорий, удаленных от главных продовольственных центров и не обладающих достаточной собственной производственной базой, ключевое значение имеет физическая доступность качественных продуктов с их ценовой доступностью. Регионы, формирующие продовольственную основу страны, должны решать задачи технологического обеспечения и наращивать экспорт [4]. Для обеих групп территорий актуальными остаются задачи оценки и контроля уровня продовольственной безопасности с акцентом на разных ее аспектах, исходя из специфики региона.

Обоснование целесообразности внедрения гибких рычагов государственного регулирования территориальных продовольственных систем напрямую указывает на необходимость разработки динамических моделей. Такие модели должны давать возможность оценивать перспективы в аграрно-продовольственной сфере, учитывая отличительные черты конкретного региона. Указанный факт определил цель исследования: сформировать комплекс динамических моделей на основе дифференциальных уравнений, предназначенный для количественного прогнозирования траекторий параметров продовольственной безопасности региона и выработки на этой основе кор-

ректирующих управленческих решений в рамках агропродовольственной политики.

Цель работы достигается решением следующих задач:

- разработка моделей, описывающих динамику показателей продовольственной безопасности региона под влиянием таких переменных как производственные возможности сельского хозяйства и внутреннее потребление продовольствия, отраслевая организация выпуска, особенности локального потребления и техническая оснащенность;
- верификация моделей и построение ретропрогнозных оценок показателей для выявления рисков и угроз агропродовольственной системы региона;
- формирование рекомендаций по адаптации управленческих решений в агропромышленном секторе региона, учитывающих выявленные зависимости и направленных на минимизацию прогнозируемых угроз.

Гипотеза исследования: модели, построенные на дифференциальных уравнениях с переменными параметрами, настроенными на региональную специфику, позволяют прогнозировать поведение продовольственных систем в определенных рамках и условиях внешней и внутренней среды, что дает возможность формировать рекомендации по управлению сферой АПК.

Объект исследования – региональная агропродовольственная система (на примере Красноярского края), рассматриваемая как совокупность производственных, ресурсных, потребительских и управленческих элементов, определяющих уровень продовольственной безопасности территории (экономическая доступность и качество продукции, сбалансированность производственного блока, технологические основы производства). Предметом исследования является управление системой на основании динамических моделей, формализующих количественные взаимосвязи между показателями продовольственной безопасности региона и ее факторами.

Автор сосредоточился на следующих исследовательских вопросах, ответы на которые изложены в двух частях статьи:

- каковы составляющие и факторы продовольственной безопасности региона, слагающие основу прогнозирования поведения агропродовольственной системы;
- каковы формы взаимосвязи этих элементов, позволяющие учесть динамический аспект процесса обеспечения продовольственной безопасности;

¹ Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» (с изм. и доп.) // Гарант. URL: <https://base.garant.ru/73438425/> (дата обращения: 15.04.2026)

- в чем заключается практическая значимость моделирования и какие меры могут быть рекомендованы органам власти на основании результатов апробации полученных моделей.

В первой части исследования представлены модели необходимого объема производства продукции для обеспечения региона продовольствием и достижения рациональных норм потребления, а также параметров качества продовольствия.

Обзор литературы и исследований

Согласно Доктрине продовольственной безопасности РФ (2020 г.), рекомендациям ФАО² и авторским подходам, продовольственная безопасность определяется показателями независимости от внешних поставок, экономической и физической доступности качественного продовольствия. Однако в Доктрине недостаточно внимания уделено иным аспектам, помимо самообеспечения продовольствием [5–7]. В этой связи обоснована необходимость новых стратегических решений в области продовольственного суверенитета, направленных на достижение рациональных норм питания, фактической доступности качественных продуктов с учетом соотношения сложившихся цен и уровня платежеспособности населения [8, 9].

Авторы обращаются к поиску таких решений как в контексте реализации Доктрины в ее первоначальной редакции (2010 г.)³, так и в свете ее актуальных положений. В научной литературе накоплен опыт моделирования и прогнозирования продовольственной безопасности, базирующийся на разных точках зрения и подходах. На основе региональных данных построены модели уровня производства и потребления основных продуктов, которые подтверждают значимость ресурсного воспроизводства для физической и экономической доступности [10]. Существенный пласт исследований обоснованно акцентирован на риск-ориентированном подходе [11]. Предложена комплексная методология моделирования продовольственной безопасности, объединяющая долгосрочные балансовые и причинно-следственные связи, агент-ориентированное моделирование с нечеткой логикой и расширенные мультиграфы [12].

Однако, при всем многообразии инструментов, обнаруживаются существенные пробелы. Региональные исследования предлагают модели оценки уровня продовольственной безопасности, но не

ставят целью построение прогнозов для перспективного управления сферой [13]. Трендовые модели описывают закономерности потребительского сектора, но оставляют вне поля зрения производственные и технологические аспекты темы [14]. Эконометрические прогнозные методы позволяют установить, что, несмотря на меры по импортозамещению и нормы Доктрины продовольственной безопасности, реальных сдвигов в уровне и качестве жизни не наблюдается [15]. Все это подтверждает актуальность темы исследования.

Перспективным направлением выглядит когнитивное моделирование, которое учитывает трудноформализуемые факторы для прогнозирования развития территорий. Однако, как справедливо замечают авторы, при росте количества учитываемых концептов прогностическая сила экспертных методов снижается [16]. Таким образом, существующие инструменты прогнозирования обладают недостаточными имитационными возможностями, что требует продолжения исследований в этом направлении.

Много внимания в исследованиях уделяется качеству продукции [17], управление которым связывается авторами с внедрением системы безопасности пищевых продуктов по критическим контрольным точкам (НАССР) [18]. В развитие этого направления предлагается рискованный подход, основанный на принципах НАССР, квалитетическом прогнозировании и оценке рисков на всех этапах производства и поставки продукции [19, 20]. Уделяется внимание взаимосвязи качества продукции и распространения заболеваний, оцениваемой на основании динамических моделей [21]. ФАО подчеркивает важность цифровых инструментов и человеческого опыта в решении проблем безопасности пищевых продуктов⁴.

Проведенный обзор позволяет констатировать: несмотря на значительный прогресс в поиске подходов к решению задачи оценки и прогнозирования продовольственной безопасности, сохраняется ряд пробелов. Во-первых, модели не обладают динамикой и используют упрощенные линейные аппроксимации, что недостаточно для описания поведенческих эффектов в продовольственных системах. Во-вторых, работы, основанные на дифференциальных уравнениях, встречаются фрагментарно и не интегрированы в макро- и мезоуровневые модели продовольственной без-

² Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире 2025 // ФАО. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/7fe08374-f39e-4db4-ad1a-5084da528e24> (дата обращения: 20.04.2026)

³ Указ Президента РФ от 30.01.2010 № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» // Гарант. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12072719/> (дата обращения: 20.04.2026)

⁴ Whitworth J. FAO highlights key areas of food safety foresight approach // Food Safety News. 2025. URL: <https://www.foodsafetynews.com/2025/10/fao-highlights-key-areas-of-food-safety-foresight-approach/> (дата обращения: 17.04.2026)

опасности. При этом именно дифференциальные исчисления наилучшим образом подходят для учета динамики и траекторий сложных систем [22–24]. В-третьих, отсутствуют подходы, сочетающие дифференциальный динамический блок (изменение запасов, производства и потребления) с блоками прогнозирования сценариев при внешних воздействиях (эффективность системы управления, динамика доходов и расходов населения, эффективность инвестиций). Таким образом, присутствует необходимость разработки модели продовольственной безопасности, которая восполнила бы указанные пробелы и стала основой прогнозирования с учетом региональных факторов.

Материалы и методы

В исследовании используется система дифференциальных уравнений как инструмент динамического моделирования в противовес применяемым многими авторами балансовым, регрессионным или агент-ориентированным моделям, которые дают точечную оценку. Предлагаемый подход объединяет в одном инструменте 5 аспектов: соотношение производства, потребления и рациональных норм, экономическую доступность, качество продовольствия, концентрацию производств и технологическую оснащенность.

Представленная в статье методология дает возможность интегрировать разнородные элементы сельскохозяйственной и продовольственной систем, демографические процессы (динамику численности населения), особенности потребительского поведения (потребление продуктов питания и близость к здоровому рациону) и технологическую составляющую (обеспеченность кормами и техникой), что позволяет комплексно характеризовать агропродовольственную сферу.

Исследование проводилось в несколько этапов:

- 1) формализация модели продовольственной безопасности как комплекса функций зависимости ее параметров от времени и набора факторов;
- 2) выбор математического аппарата (дифференциальных уравнений и эконометрических методов);
- 3) формирование системы дифференциальных уравнений, параметризация и верификация модели на основе статистических данных;

- 4) построение ретропрогнозов и сравнение с фактическими данными по имеющейся выборке;
- 5) интерпретация результатов для целей управления.

Вводится функция продовольственной безопасности, зависящая от параметров: объемов производства, потребления продовольствия и их соотношения как уровня самообеспечения продукцией, а также соответствия структуры потребления рациональным нормам, экономической и физической доступности продовольствия, качества продукции, территориальной концентрации производства, обеспечения технологическими компонентами производства⁵, обеспеченности трудовыми ресурсами, уровня цифровизации и роботизации отрасли, инвестиционно-финансовых, инфраструктурных, институциональных и организационно-управленческих условий как факторов производительности⁶.

Эмпирическую базу составили данные Росстата и ЕМИСС; нормативные показатели – рациональные нормы потребления пищевых продуктов, утвержденные Приказом Минздрава РФ⁷; аналитические материалы – научные публикации, доктринальные документы, экспертные оценки в сфере продовольственной безопасности и экономики АПК. Прогнозирование базируется на исторических данных показателей (статистическая информация), которые применяются как входные параметры для решения уравнений с целью получения оценок на последующие временные интервалы. Адекватность модели проверяется путем сравнения прогнозных значений с фактическими по выборке данных Красноярского края (2020–2024 гг.).

Результаты исследования

Формализация связей параметров продовольственной безопасности региона

Введем функцию продовольственной безопасности (F_{FS}) как зависимость от ряда параметров:

$$F_{FS} = f(L_{ss}; R_{prod}; AC_P; E_{ref}; Q_{prod}; T; P), \quad (1)$$

где $L_{ss} = g(t, V_i, C_i)$ – уровень самообеспечения i -й сельскохозяйственной продукцией как соотношение объема производства (V_i) и внутреннего по-

⁵Прим. Автора: Перечисленные параметры учтены в данном исследовании в двух частях.

⁶Прим. Автора: Весь комплекс перечисленных факторов производительности отрасли как параметра продовольственной безопасности учтен в теоретической постановке модели в виде компоненты $P(t)$ и будет рассмотрен автором в последующих исследованиях.

⁷Приказ Минздрава РФ от 19.08.2016 № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» // Гарант. URL: <https://base.garant.ru/71485784/> (дата обращения: 18.04.2026)

требления (C_i)⁸; каждый из параметров изменяется во времени (t); $R_{i\text{ prod}} = \varphi(t, C_i, C_{i\text{ norm}})$ – уровень достижения рациональных норм потребления i -го вида продовольствия – соответствия фактического потребления населением продовольствия (C_i) нормативам Минздрава РФ⁹ ($C_{i\text{ norm}}$); $AC_F = \psi(t, FC, CS, w)$ – показатель экономической доступности как отношение (w) объема расходов на продукты питания (FC) к совокупным потребительским расходам (CS); $E_{rel} = \xi(t, SH_j)$ – индекс территориальной концентрации производств, оцениваемый как относительный показатель энтропии; SH_j – доля j -го производства вида продукции растениеводства, животноводства; $Q_{prod} = \rho(t, a, k)$ – показатель качества продовольствия, оцениваемый по результатам исследования проб продовольственного сырья и пищевых продуктов на предмет соответствия санитарно-эпидемиологическим требованиям, с входными параметрами постоянно существующей доли «некачественной» продукции (a) и качества системы контроля (k); $T = \zeta(t, b, \mu)$ – показатель обеспечения технологическими производственными компонентами (кормами собственного производства, сельскохозяйственной техникой и др.), поступающими (параметр b) и выбывающими (параметр μ) из производственной системы за период t ; $P = \tau(t, p)$ – совокупность показателей, характеризующих производительность и эффективность агропродовольственной системы региона (p), включает: обеспеченность трудовыми ресурсами (численность и квалификация), уровень цифровизации и роботизации отрасли (внедрение агродронов, ИИ, автоматизированных систем управления), инвестиционно-финансовые условия (инвестиции, доступность кредитов, господдержка), инфраструктурные условия (состояние транспортной и логистической сети, перерабатывающих мощностей), институциональные условия (эффективность контрольно-надзорных процедур), организационно-управленческие условия (уровень кооперации, специализации).

Функция представляет собой комплексный диагностический инструмент и предназначена для количественной оценки и прогнозирования траекторий изменения основных параметров продовольственной безопасности: необходимых объемов произ-

водства продукции и соответствия потребления рациональным нормам питания, зависимости от ввоза при сопоставлении с фактическими объемами производства, качества продуктов, концентрации отрасли и т.д.

Модель прогноза объемов производства продукции сельского хозяйства, необходимых для покрытия текущего внутреннего и нормативного потребления региона, была выведена автором ранее¹⁰. Поэтому здесь приведем только постановку модели и ее апробацию по 5-ти продуктовым позициям на данных Красноярского края:

$$V_i(t) = C_i(t) + (V_i(0) - C_i(t)) \cdot e^{\lambda_i t}, \quad (2.1)$$

если $V_i(t) > C_i(t)$, регион покрывает потребности в продовольствии и вывозит излишки, или:

$$V_i(t) = C_i(t) + (C_i(t) - V_i(0)) \cdot e^{\lambda_i t}, \quad (2.2)$$

если $V_i(t) < C_i(t)$, то возникает зависимость от ввоза, где $V_i(t)$ – объем производства i -го продукта в регионе за время t ; $C_i(t)$ – объем его потребления внутри региона.

Соотношение величин отражает продовольственную независимость территории: при $V_i(t) = C_i(t)$ достигается баланс производства и собственного потребления. λ_i – коэффициент пропорциональности, отражающий скорость реакции производства i -го продукта на дисбаланс между выпуском и спросом внутри региона; величина и знак коэффициента λ_i определяются на основании статистических данных по показателям объемов производства и потребления, отражают специфику действующих на агросистему условий и территориальных особенностей потребления. $V_i(0)$ – фактический выпуск продукции в начальный момент. Внутреннее региональное потребление $C_i(t)$ принимается как зависимая величина, определяемая численностью населения (N) и сложившейся структурой питания.

Выражения (2.1) и (2.2) используются как базовые уравнения прогноза, точность которого зависит от вариабельности $C_i(t)$ и корректности оценки λ_i . Коэффициент λ_i оценивается регрессионным методом по статистическим данным. По аналогии с (2.1) и (2.2) для определения необходимого выпуска, обеспечивающего нормативное потребление, вводится модель:

⁸ Приказ Минсельхоза России от 30.09.2020 № 582 (ред. от 10.12.2025) «Об утверждении методики расчета уровня самообеспечения сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием» // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365011/ (дата обращения: 15.04.2026)

⁹ Приказ Минздрава РФ от 19.08.2016 № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» // Гарант. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (дата обращения: 15.04.2026)

¹⁰ Лобкова Е.В. Региональный мониторинг продовольственной безопасности: от динамической оценки к прогнозированию // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. 2026. Т. 19. № 6. С. 1191–1201. EDN: <https://elibrary.ru/irknms>

$$V_{i\text{norm}}(t) = C_{i\text{norm}}(t) + (V_i(0) - C_{i\text{norm}}(t)) \cdot e^{\lambda_i t}, \quad (3)$$

где $C_{i\text{norm}}(t)$ – объем потребления i -го продукта, рассчитанный по нормативам Минздрава и численности населения региона на момент t ¹¹.

Выражения (2.1), (2.2) и (3) предлагается применять как инструменты прогнозирования необходимых объемов выпуска. Основные допущения указанных моделей: скорость изменения выпуска λ_i пропорциональна текущему разрыву между объемом производства и внутренним потреблением; коэффициент λ_i оценивается по ретроспективным данным и уточняется по мере поступления новых данных; функция потребления $C_i(t)$ задается демографическим прогнозом и изменением структуры питания. Модель не закладывает стремление к полной самообеспеченности региона как нормативную цель, а ориентирована на расчет необходимого объема производства как эталон для сравнения – в качестве «точки отсчета» для диагностики.

Показатель качества продовольствия, оцениваемый по результатам исследования проб продовольственного сырья и пищевых продуктов на предмет соответствия санитарно-эпидемиологическим требованиям, как уже отмечалось, является чрезвычайно важным с позиции здоровья населения.

Пусть $Q(t)$ – доля исследованных проб продовольственного сырья и пищевых продуктов, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, в момент времени t . Введем: начальное условие $Q(0) = Q_0$ (известное значение на текущий момент); коэффициент эффективности системы контроля качества продовольствия и устранения нарушений $k > 0$, который отрицательно влияет на Q . Тогда справедливо равенство:

$$dQ / dt = -k \cdot Q(t). \quad (4)$$

Решением (4) будет выражение:

$$Q(t) = Q_0 \cdot e^{-k \cdot t}, \quad (5)$$

которое необходимо скорректировать на перманентно существующий уровень проб продовольствия с нарушениями $a \geq 0$ (например, по причине «теневого» продукта в рамках нелегального оборота, произведенного с нарушением законодательства), определяемый по данным официальной статистики¹² как среднее за период, предшествующий прогнозируемому:

$$dQ / dt = -k \cdot Q(t) + a. \quad (6)$$

Если предполагать, что a и k постоянны, $k \neq 0$, $a \geq 0$, то решение (6) имеет вид:

$$Q(t) = (Q_0 - a / k) \cdot e^{-k \cdot t} + a / k. \quad (7)$$

Оценка параметров k и a проводится методом наименьших квадратов, аппроксимируя производную:

$$\Delta Q / \Delta t \approx -k \cdot Q(t) + a. \quad (8)$$

Дифференциальное уравнение позволяет описать поведение продовольственной системы с точки зрения ее пищевой безопасности в зависимости от эффективности контроля и дает основу для прогноза.

Ограничениями представленных моделей следует признать следующее.

1. Модель прогнозирует потребность в объеме производства для покрытия внутреннего (фактического и нормативного) потребления, но не предсказывает фактический объем выпуска, который формируется под действием множества факторов, не учтенных в уравнениях: объем государственной поддержки; рыночные цены на продукцию, затратные компоненты (топливо, удобрения, корма), рентабельность производства; инвестиционная активность в отрасли; погодно-климатические условия (особенно значимые для сибирских регионов); наличие и доступность семян, племенного скота, ветеринарных препаратов. Указанные факторы могут быть учтены в перспективе.
2. Доля некачественных проб продовольствия в реальности может зависеть от сезонности, типа производителя (крупный или фермер), технологических факторов, системы хранения, транспортировки, что в данном исследовании не учитывается. Эффективность контроля (параметр k) принимается постоянной, тогда как она может меняться при изменении интенсивности проверок, внедрении новых методов лабораторного анализа или перераспределении надзорных ресурсов.
3. Модель не оценивает, как внедрение систем управления качеством продукции (НАССР, цифровая прослеживаемость, ужесточение сертификации) влияет на динамику показателя. Она описывает инерционный сценарий, но не обеспечивает возможность моделирования управленческих воздействий на качество¹³.

¹¹ Численность постоянного населения в среднем за год // ЕМИСС. URL: <https://fedstat.ru/indicator/31556> (дата обращения: 28.04.2026)

¹² Доля исследованных проб продовольственного сырья и пищевых продуктов, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям // ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/60730> (дата обращения: 28.04.2026)

¹³ Прим. Автора: В качестве перспективного направления развития модели предлагается включение производственно-технологических, логистических, экономических, природно-климатических, институциональных и кадровых факторов, что позволит повысить прогностическую точность модели.

4. Применение моделей к другим субъектам РФ требует переоценки параметров (λ , a , k) на основе региональной статистики. Универсальность структуры уравнений подтверждена, но перенос результатов на другие регионы требует пересчета параметров модели.

Апробация и практическая значимость моделей продовольственной безопасности региона

Для практического тестирования и валидации построенных моделей проведены оценки по данным о производстве и потреблении нескольких позиций продовольствия на территории Красноярского края. Ретропрогнозные оценки на 2020–2024 гг. построены по статистическим данным 2013–2019 гг. и верифицированы по фактическим показателям этого же периода, что позволяет подтвердить их достоверность (табл. 1)¹⁴.

Ретропрогноз демонстрирует рост потребности в объемах производства для обеспечения внутреннего спроса с учетом сложившейся структуры потребления овощей (недопотребление составляет 42 кг в год на человека). Его сравнение с нормативами выявляет зону «прогнозного недопотребления», которая к концу периода сужается (рис. 1).

Опираясь на оценки, можно заключить, что присутствует очевидная необходимость в наращивании производства овощей: население потребляет больше овощей¹⁵, выравнивается структура питания в пользу рациональных норм. С целью поддержки этой положительной тенденции необходимо обеспечить население региона качественными и экономически доступными овощами. Но фактический сбор овощей снижается, что усугубляет ситуацию в регионе по данной продовольственной

Таблица 1

Расчетные и фактические значения объемов производства и потребления овощей открытого и закрытого грунта

Table 1

Model-based estimates and actual values of production and consumption volumes of open-ground and protected-ground vegetables

Временной период	$V_i(t)$ прогноз потребности	$V_{i\text{ норм}}(t)$ прогноз потребности	$V_i(t)$ факт	N (млн чел.)	$C_i(t)$	$C_{i\text{ норм}}(t)$
Овощи открытого и закрытого грунта (тыс. тонн), $\lambda_i = 0,28708$						
t	284,524	405,594	154,302	2,862	280,514	400,734
$t+1$	270,833	404,848	134,888	2,856	262,782	399,886
$t+2$	273,934	403,349	131,394	2,846	261,790	398,376
$t+3$	281,063	403,442	129,129	2,846	264,689	398,457
$t+4$	298,966	402,273	133,704	2,838	278,123	397,318

Составлено автором на основании собственных расчетов.

Compiled by the author based on own calculations.

ной позиции: овощи становятся менее доступными – цены растут, опережая и среднероссийские, и темпы по СФО¹⁶. Логично предположить, что снижение ценовой доступности овощей переломит сложившуюся положительную динамику, спровоцировав снижение спроса. Этот сценарий представляет собой системный риск, который не-

обходимо держать под контролем. При сохранении текущих тенденций уровень самообеспечения продолжит снижаться¹⁷.

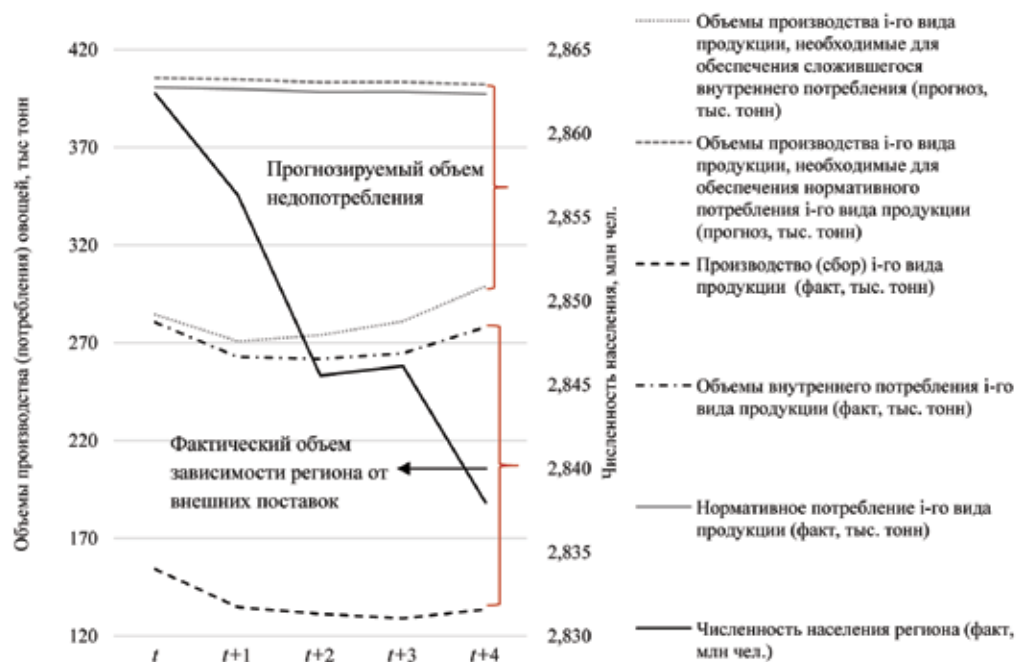
Прогнозируемый объем картофеля для нужд внутреннего потребления растет. Также увеличивается объем подушевого потребления картофеля,

¹⁴ 1.34.021 Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство в Красноярском крае. Стат. сб., 2024 // Красноярскстат. URL: https://24.rosstat.gov.ru/infoslugi_katalog_publications/document/226878 (дата обращения: 03.05.2026)

¹⁵ Прим. Автора: Позитивной тенденцией является рост потребления овощей на душу населения (до 98 кг на человека с 92 кг в начале периода), однако уровень не достигает 140 кг по нормам Минздрава – он на 30% ниже рациональных норм потребления.

¹⁶ Прим. Автора: Средняя цена на свежие огурцы и помидоры в крае выше средней цены по РФ более чем в 2 раза. Отмечается рост средних потребительских цен на свежие овощи в Красноярском крае (+52%), что существенно выше показателей в СФО (+44%) и России (+40%) за 2018–2024 гг. При этом рентабельность тепличных предприятий остается стабильно высокой благодаря росту цен реализации. См. Средние цены реализации сельскохозяйственной продукции сельхозпроизводителями всех категорий с 2017 г. // ЕМИСС. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57698> (дата обращения: 14.05.2026)

¹⁷ Прим. Автора: Уровень самообеспечения Красноярского края овощами открытого и закрытого грунта демонстрирует негативную динамику, снизившись с 51,2% в 2020 г. до 45,2% в 2024 г.



Разработано автором.

Рис. 1. Производство и потребление овощей открытого и закрытого грунта

Developed by the author.

Fig. 1. Production and consumption of open-ground and protected-ground vegetables

превышая норматив, по причине замещения населением свежих овощей более дешевым картофелем (табл. 2).

Фактические объемы сбора продукции существенно отклоняются в 2021 г. и 2022 г. от необходимого уровня, в 2023 г. – достаточны по нормам, но не покрывают уровень прогнозного объема для потребления по сложившимся пищевым привычкам. Фактический и прогнозный сборы существенно выше, чем объем личного потребления, так как по картофелю фиксируется высокий уровень потерь (достигает 23%¹⁸), а также по причине высокой доли производственного потребления картофеля (достигает 37% от объема производства) [25]. Основным риском продовольственной безопасности по указанной позиции является нестабильность объемов производства картофеля из-за неустойчивой динамики урожайности (негативно влияют сибирские климатические условия) (рис. 2).

Потребление мяса и мясопродуктов на душу населения растет (с 83 до 87 кг в год на человека при нормативе в 73 кг), при этом объемы производства снижаются – увеличивается разрыв между указанными показателями. Цены на мясо в Красноярском

крае в 2023 и 2024 гг. показывали рост на 10–25% (в зависимости от месяца года и вида мяса), что снижает уровень экономической доступности продукта (табл. 3).

Уровень самообеспечения Красноярского края мясом в 2024 г. составил 54,7% при пороговом значении по Доктрине в 85%. Производство мясной продукции в крае снижается и повышается объем ее ввоза [26].

По прогнозам можно заключить, что рост потребления требует расширения собственного производства, но производители демонстрируют неявную динамику (показатели колеблются в узком диапазоне, не формируя устойчивого тренда) и не обеспечивают растущее внутреннее потребление. Объем зависимости региона велик (около 45%) и с учетом прогнозов будет расти. Далее ситуация ожидаемо будет ухудшаться, что может стать причиной перелома положительной тенденции роста потребления мяса и мясопродуктов (рис. 3).

Регион сохраняет зависимость от ввоза по молоку и молочной продукции. Очевидна проблема недопотребления – на 78 кг на человека в год или

¹⁸ Красноярский филиал прогнозирует потери картофеля при хранении // ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр». 14.12.2020. URL: <https://old.rosselhocenter.ru/index.php/otdel-zashchity-rastenij-17/25455-krasnoyarskij-filial-prognoziruet-poteri-kartofelya-pri-khranении> (дата обращения: 07.05.2026)

Таблица 2

Расчетные и фактические значения объемов производства и потребления картофеля

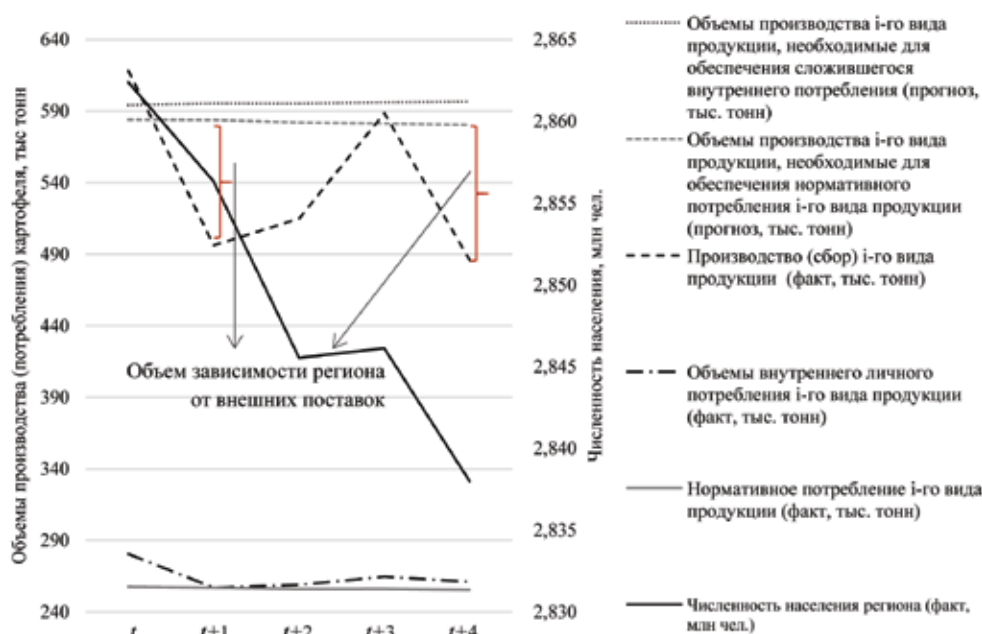
Table 2

Model-based estimates and actual values of production and consumption volumes of potatoes

Временной период	$V_i(t)$ прогноз потребности	$V_{i\text{ норм}}(t)$ прогноз потребности	$V_i(t)$ факт	N (млн чел.)	$C_i(t)$	$C_{i\text{ норм}}(t)$
Картофель (тыс. тонн), $\lambda_i = 0,784752$						
t	594,143	584,034	618,297	2,862	280,514	257,615
$t+1$	595,300	583,908	496,200	2,856	257,069	257,069
$t+2$	595,238	582,062	514,800	2,846	258,945	256,099
$t+3$	596,110	581,345	588,600	2,846	264,689	256,151
$t+4$	596,658	580,359	485,900	2,838	261,095	255,419

Составлено автором на основании собственных расчетов.

Compiled by the author based on own calculations.



Разработано автором.

Рис. 2. Производство и потребление картофеля

Developed by the author.

Fig. 2. Production and consumption of potatoes

на 24% от нормы (244 кг против 322 кг по нормам Минздрава). За 5 лет потребление молока на душу населения возросло на 6 кг (с 238 кг в 2020 г.), что является положительным трендом (табл. 4).

Согласно ретропрогнозам оценкам, наращивание собственного производства становится объективной необходимостью: на фоне роста фактического потребления сохраняется дефицит относительно рациональных норм питания. Ожидаемое сокращение разрыва между сложившимися привычками и рекомендованными нормами

свидетельствует о поступательном движении к сбалансированному рациону, но пока это лишь целевой ориентир. За анализируемый период объемы выпуска сократились на 8,6%, обострилась проблема зависимости региона от внешних поставок – диапазон отрыва кривой производства от линии объемов внутреннего потребления существенно (в разы) увеличился, демонстрируя снижение уровня продовольственной безопасности. В итоге обозначенный риск реализуется – внешняя зависимость региона будет усиливаться (рис. 4).

Таблица 3

Расчетные и фактические значения объемов производства и потребления мяса и мясопродуктов

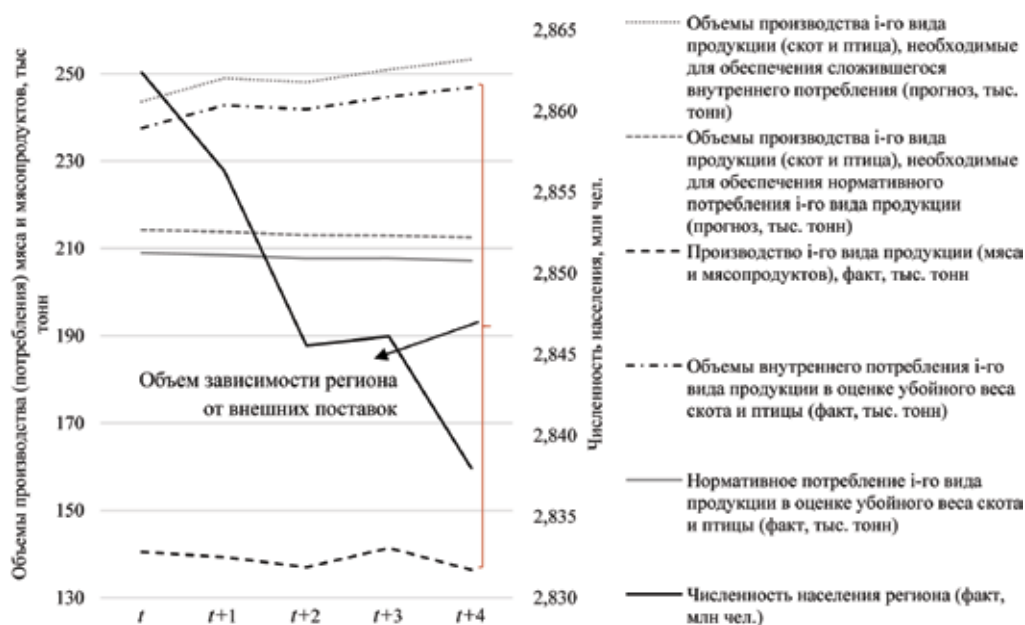
Table 3

Model-based estimates and actual values of production and consumption volumes of meat and meat products

Временной период	$V_i(t)$ прогноз потребности	$V_{i\text{ норм}}(t)$ прогноз потребности	$V_i(t)$ факт	N (млн чел.)	$C_i(t)$	$C_{i\text{ норм}}(t)$
Мясо и мясопродукты / скот и птица на убой в убойном весе (тыс. тонн), $\lambda_i = 0,393727$						
t	243,637	214,234	140,5	2,862	237,578	208,954
$t+1$	249,001	213,815	139,3	2,856	242,788	208,512
$t+2$	248,117	213,073	137,0	2,846	241,871	207,725
$t+3$	250,977	212,983	141,4	2,846	244,766	207,767
$t+4$	253,281	212,523	136,4	2,838	246,905	207,173

Составлено автором на основании собственных расчетов.

Compiled by the author based on own calculations.



Разработано автором.

Рис. 3. Производство и потребление мяса и мясопродуктов

Developed by the author.

Fig. 3. Production and consumption of meat and meat products

Производство яиц в крае показывает самую надежную из анализируемых позиций зону обеспечения продовольственной независимости (табл. 5, рис. 5).

Прогнозы демонстрируют рост объемов производства и по сложившемуся потреблению яиц, и по нормативам. Объемы фактического производства стабильно превышают их, формируя экспортный потенциал. Однако фактическое внутреннее потребление нестабильно, что требует дополнительного выявления причин. Объемы производства позволяют обеспечить регион на уровне 102,9% и вывозить ежегодно около 192,6 млн шт. (данные 2024 г.). Для

органов власти это означает необходимость закрепить и развить сложившуюся тенденцию: положение региона-донора по данной позиции стратегически выгодно. Приоритетными задачами становятся диверсификация каналов сбыта, поиск новых рынков и расширение местного производства с учетом прогнозируемой динамики внутреннего спроса, но исключительно при подтвержденной экономической целесообразности таких инвестиций.

Еще одним аспектом продовольственной безопасности региона, рассмотренным в данной части исследования, стало качество продуктов питания (по

Таблица 4

Расчетные и фактические значения объемов производства и потребления молока
и молочных продуктов

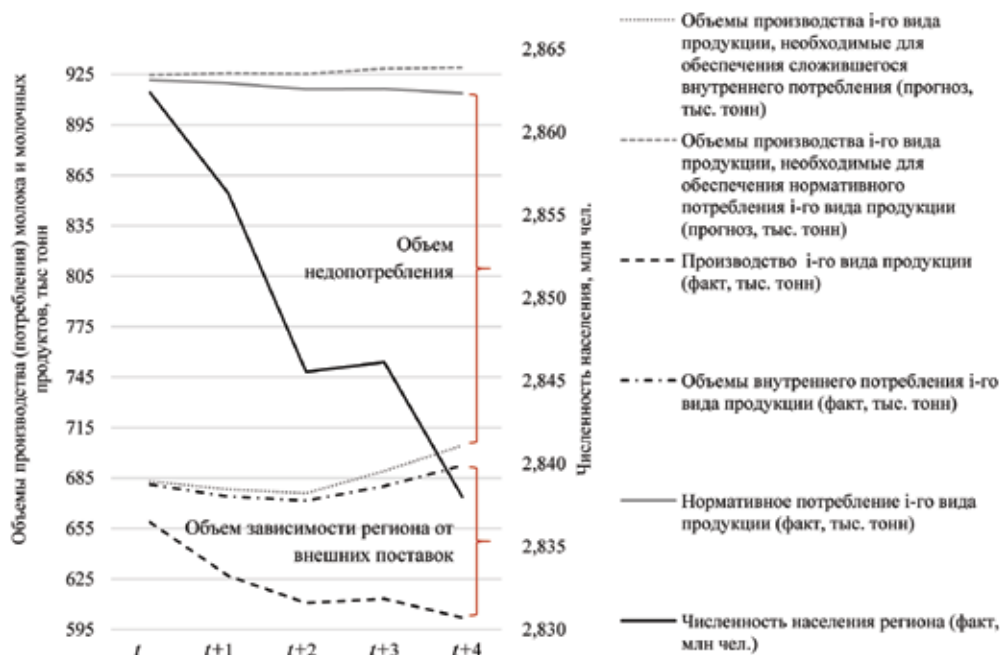
Table 4

Model-based estimates and actual values of production and consumption volumes of milk and dairy products

Временной период	$V_i(t)$ прогноз потребности	$V_{i\text{norm}}(t)$ прогноз потребности	$V_i(t)$ факт	N (млн чел.)	$C_i(t)$	$C_{i\text{norm}}(t)$
Молоко и молочные продукты (тыс. тонн), $\lambda_i = 0,193563$						
t	683,074	924,629	658,794	2,862	681,248	921,689
$t+1$	678,309	925,741	626,936	2,856	674,093	919,737
$t+2$	675,976	925,346	610,773	2,846	671,549	916,265
$t+3$	689,245	928,540	613,298	2,846	680,223	916,451
$t+4$	704,425	929,027	601,979	2,838	692,469	913,832

Составлено автором на основании собственных расчетов.

Compiled by the author based on own calculations.



Разработано автором.

Рис. 4. Производство и потребление молока и молочных продуктов

Developed by the author.

Fig. 4. Production and consumption of milk and dairy products

доле проб, не соответствующих требованиям, в %). В табл. 6 представлены результаты практического тестирования модели качества продовольствия (7) по статистическим данным региона за 2020–2024 гг., параметры модели оценены по данным предшествующих 7-ми лет (с 2013 г.).

По прогнозным значениям очевиден риск роста показателя по содержанию антибиотиков, отклонений по микробиологическим и физико-хими-

ческим показателям, радиоактивным веществам. При сопоставлении со средними значениями по РФ ситуация усугубляется: краевые значения проб, не соответствующих нормам, превышают среднероссийские по санитарно-химическим, физико-химическим и микробиологическим показателям, на радиоактивные вещества (рис. 6).

Прогнозируемый рост зависимости региона от внешних поставок овощей, молока и мяса, а

Таблица 5

Расчетные и фактические значения объемов производства и потребления яиц

Table 5

Model-based estimates and actual values of production and consumption volumes of eggs

Временной период	$V_i(t)$ прогноз потребности	$V_{i\text{norm}}(t)$ прогноз потребности	$V_i(t)$ факт	N (млн чел.)	$C_i(t)$	$C_{i\text{norm}}(t)$
Яйца (млн штук), $\lambda_i = 0,2376695$						
t	753,015	747,326	861,919	2,862	749,945	744,221
$t+1$	734,602	748,698	848,241	2,856	728,363	742,645
$t+2$	747,246	747,246	784,603	2,846	739,842	739,842
$t+3$	779,468	751,926	839,426	2,846	768,452	739,991
$t+4$	791,216	753,066	845,129	2,838	777,609	737,877

Составлено автором на основании собственных расчетов.

Compiled by the author based on own calculations.



Разработано автором.

Рис. 5. Производство и потребление яиц

Developed by the author.

Fig. 5. Production and consumption of eggs

также риск перелома тенденции стремления к рациональной структуре питания на фоне роста цен и снижения качества продовольствия позволяют сформулировать рекомендуемые органам власти меры.

На федеральном уровне:

- выделение целевых субсидий региону на развитие тепличного овощеводства как наиболее критичного направления;
- включение Красноярского края в приоритетные получатели федеральных инвестиций (на условиях софинансирования) по развитию мясного и молочного животноводства;

- организация системы межрегиональных продовольственных балансов и долгосрочных договоров поставок между регионами.

На региональном уровне:

- стимулирование собственного производства овощей путем софинансирования проектов строительства и модернизации тепличных комплексов;
- совершенствование программ развития молочного и мясного животноводства (гранты на строительство и модернизацию животноводческих ферм, компенсация части затрат на корма и племенной скот);

Таблица 6

Расчетные и фактические значения качества продовольствия

Table 6

Model-based estimates and actual values of food quality

по санитарно-химическим показателям $a = 3,04202, k = 1,02713$		на наличие ГМО $a = 0,780625, k = 1,125$		по физико-химическим показателям $a = 9,927913, k = 0,286257$		по микробиологическим показателям $a = 4,067702, k = 0,854602$	
Прогноз	Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	Факт
2,925	2,860	2,500	6,245	8,619	0	3,597	2,033
2,729	1,155	1,282	0	15,096	7,525	4,264	4,323
3,017	4,162	0,885	0	19,963	19,429	4,549	4,270
2,988	4,546	0,756	0	23,621	18,889	4,670	5,281
2,961	2,809	0,714	0	26,369	25,998	4,721	5,149
на антибиотики $a = 1,283353, k = 0,812833$		по паразитологическим показателям $a = 0,172569, k = 0,935175$		на радиоактивные вещества $a = 0,875607, k = 0,120656$			
Прогноз	Факт	Прогноз	Факт	Прогноз	Факт		
0,877	0	0,318	0,524	0,823	0		
1,267	0	0,237	0,229	1,553	0		
1,440	1,908	0,205	0,088	2,200	1,961		
1,517	0,000	0,193	0,166	2,774	2,632		
1,552	2,069	0,188	0,145	3,283	3,846		

Составлено автором на основании собственных расчетов.

Compiled by the author based on own calculations.

- контроль качества, объемов поставок и цен ввозимого продовольствия.

На муниципальном уровне:

- анализ потенциала местных сельхозпроизводителей и их возможностей по наращиванию объемов производства;
- разработка программ поддержки малых и средних хозяйств на территориях с низкой долей производства, но выявленным потенциалом;
- инвентаризация неиспользуемых сельхозугодий и вовлечение их в оборот;
- стимулирование формирования локальных продовольственных рынков и кооперационных связей между производителями и переработчиками.

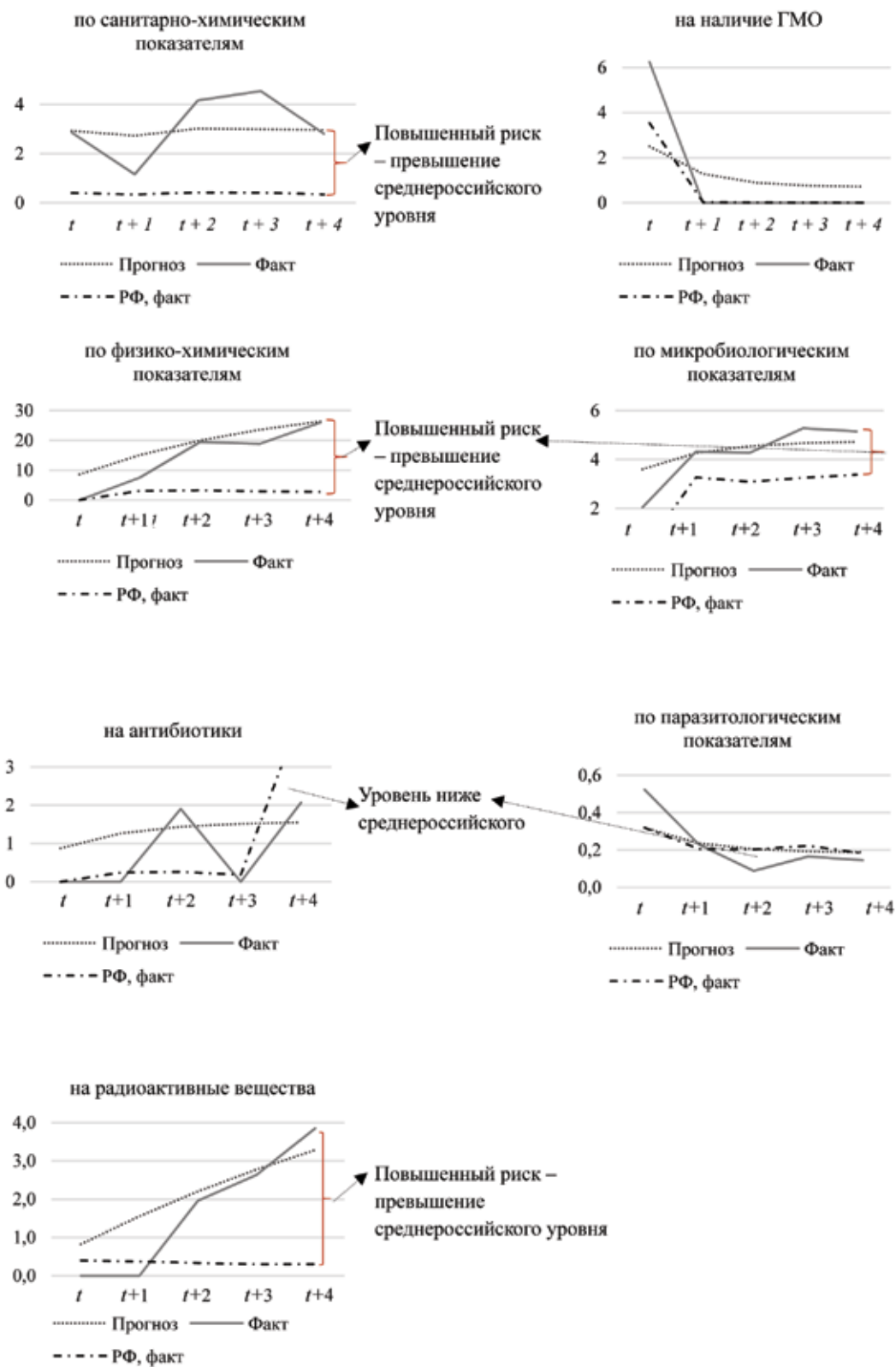
Полученные прогнозы по снижению качества продовольствия и выявленный текущий уровень ниже среднероссийского стали основой рекомендаций по внедрению цифровой системы прослеживаемости продуктов «от поля до прилавка» с акцентом

на места наибольшего риска (рынки, переработка, хранение). Требуется наладить режим регулярных проверок производителей на соответствие нормам содержания радиоактивных веществ, особенно в зонах техногенного влияния, ужесточить контроль применения антибиотиков в животноводстве и ветеринарный надзор.

Недостаточный уровень самообеспечения свежими овощами и их потребления в Красноярском крае связаны с ограниченными производственными мощностями местных производителей. Для решения проблемы требуется проведение глубокого анализа эффективности реализуемых мер в рамках программы Красноярского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия»¹⁹ по увеличению производства овощей открытого и закрытого грунта²⁰. Низкий уровень развития конкурентной среды в производстве при широком сегменте потребителей ведет к высоким потребительским ценам на

¹⁹ Постановление Правительства Красноярского края от 30.09.2013 № 506-П «Об утверждении государственной программы Красноярского края "Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия"» // Гарант. URL: <https://base.garant.ru/18657924/> (дата обращения: 14.05.2026)

²⁰ Прим. Автора: По программе субсидия предоставляется на возмещение части затрат на производство овощей защищенного грунта с применением технологии досвечивания: на проведение агротехнологических работ, повышение плодородия и качества почв на посевных площадях, занятых картофелем и овощными культурами открытого грунта.



Разработано автором.

Рис. 6. Ретропрогнозные и фактические значения качества продовольствия

Developed by the author.

Fig. 6. Retrospective forecasted and actual values of food quality

овощи в Красноярском крае в сравнении со средними ценами в округе и стране, что снижает экономическую доступность продовольствия.

Важной мерой является создание резервного фонда семян картофеля высших репродукций для стабилизации урожайности. Красноярский край зависим от иностранных семян картофеля: доля иностранных сортов в семенном картофелеводстве составляет 87%, а отечественных – 13%²¹. В ходе реализации подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 гг.²² было выведено 29 новых отечественных сортов картофеля²³. Российские разработки не уступают зарубежным, а по урожайности и резистентности к болезням даже их опережают. То есть потенциал есть, необходимо его использовать и распространять результаты на регионы.

В качестве организационных стратегических мер рекомендуется: утвердить «дорожную карту» по снижению внешней зависимости по мясу, молоку и овощам с годовыми целевыми показателями; включить в стратегические документы о продовольственной безопасности края мониторинг доли выявленных нарушений качества.

Выводы

На примере полученных в первой части исследования оценок по необходимым объемам производства и качеству продовольствия подтверждается выдвинутая гипотеза о том, что модели, построенные на дифференциальных уравнениях с параметрами, настроенными на региональную специфику, пригодны для прогнозирования поведения агропродовольственных систем и формирования управленческих рекомендаций. Сравнение ретропрогнозных и фактических данных по 5-ти продуктовым позициям и качеству продовольствия показало высокую состоятельность предложенного инструментария (отклонения не превышают 5–10% в прогнозный период).

Основные выводы автора, сформулированные на основании первой части исследования, сводятся к следующему.

1. Модели позволяют количественно оценивать траектории изменения потребности в объемах производства продукции по сложившейся структуре потребления и рациональным нормам. При сопоставлении с фактическими объемами производства продовольствия это демонстрирует разрывы в параметрах продовольственной безопасности региона (по индикаторам самообеспечения и рекомендуемой структуры питания), выявляет зоны риска и вызовы для агропродовольственной системы территории.
2. Модель прогнозирования параметров качества продовольствия позволяет диагностировать состояние этого аспекта продовольственной безопасности региона на перспективу, а при сопоставлении со среднероссийскими показателями – выявлять наиболее проблемные параметры качества, требующие целенаправленного воздействия со стороны органов власти.
3. Полученные прогнозные траектории позволяют формировать направления корректировки региональной агропродовольственной политики.
4. Предложенный подход восполняет отсутствие в научной литературе комплексных динамических моделей регионального уровня, объединяющих блоки производства, потребления и качества продовольствия.

Необходимым продолжением данного направления исследования является адаптация параметров моделей для целей прогноза фактических объемов, расширение комплекса моделей с учетом финансовых, технологических и иных аспектов, что повысит их прогностическую силу и практическую значимость для принятия решений. Во второй части исследования будут получены модели оценки и прогнозирования таких составляющих продовольственной безопасности региона, как расходы населения на продовольствие, концентрация производств на территории и обеспеченность отрасли кормами и техникой.

²¹ Картофель: итоги посадочной кампании 2023 года // Россельхозцентр. URL: <https://rosselhoccenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/sibirskiy/krasnoyarskiy-kray/kartofel-itogi-posadochnoy-kampanii-2023-goda/> (дата обращения 14.05.2026)

²² Постановление Правительства РФ от 25.08.2017 № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы» (с изм. и доп) // Гарант. URL: <https://base.garant.ru/71755402/> (дата обращения: 14.05.2026)

²³ Селекционеры создали 29 новых отечественных сортов семян картофеля для импортозамещения // ТАСС. 28.06.2022. URL: <https://tass.ru/ekonomika/15057009> (дата обращения: 14.05.2026)

Список источников

1. Visser O., Mamonova N., Spoor M., Nikulin A. Quiet food sovereignty' as food sovereignty without a movement? Insights from post-socialist Russia // Globalizations. 2015. Vol. 12. Iss. 4. P. 513–528. <https://doi.org/10.1080/14747731.2015.1005968>
2. Рязанцев С.В., Вартанова М.Л. Стратегическое укрепление ресурсного потенциала регионов и экономического суверенитета Российской Федерации в контексте продовольственной системы // Вестник европейской науки. 2025. Т. 17. № 5. EDN: <https://elibrary.ru/spykpx>. <https://doi.org/10.15862/21ECVN525>
3. Черкасова Т.П., Героев Г.Н. Угрозы продовольственной безопасности России и инструментарий импортозамещения // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2024. № 3. С. 117–124. EDN: <https://elibrary.ru/jfntee>. <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2024-1-3-117-124>
4. Мхитарян В.С., Попова Г.Л. Классификация регионов России по уровню развития сельского хозяйства в 2019–2021 годах // Вопросы статистики. 2023. Т. 30. № 4. С. 43–53. EDN: <https://elibrary.ru/pjlsng>. <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-4-43-53>
5. Щетинина И.В. Документы новые – проблемы старые. О доступности продуктов питания в России // ЭКО. 2021. № 6(564). С. 77–98. EDN: <https://elibrary.ru/dhsawz>. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2021-6-77-98>
6. Щетинина И.В. Достигла ли Россия продовольственной безопасности? // ЭКО. 2024. № 6(600). С. 258–280. EDN: <https://elibrary.ru/cdrgtf>. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2024-6-258-280>
7. Троцук И.В., Никулин А.М., Вегрен С. Трактовы и способы измерения продовольственной безопасности в современной России: дискурсивные и реальные противоречия // Мир России. 2018. Т. 27. № 1. С. 34–64. EDN: <https://elibrary.ru/habtqi>. <https://doi.org/10.17323/1811-038X-2018-27-1-34-64>
8. Бородин К.Г. Экономическая доступность продовольствия: факторы и методы оценки // Экономический журнал ВШЭ. 2018. Т. 22. № 4. С. 563–582. EDN: <https://elibrary.ru/yqodnz>. <https://doi.org/10.17323/1813-8691-2018-22-4-563-582>
9. Щенникова Е.И., Щенникова В.Н. Продовольственная безопасность: критерии и проблемы механизма обеспечения // Проблемы экономики и юридической практики. 2019. Т. 15. № 5. С. 54–59. EDN: <https://elibrary.ru/faycfr>
10. Самыгин Д.Ю. Стратегические модели прогнозирования в сфере продовольственной безопасности // Вестник аграрной науки. 2021. № 1(88). С. 120–127. EDN: <https://elibrary.ru/whiiky>. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.1.120>
11. Романенко И.А., Сиптиц С.О., Евдокимова Н.Е. Методология оценки рисков утраты продовольственной безопасности Российской Федерации под воздействием факторов нестационарной климатической динамики. Научные труды ВИАПИ им. А.А. Никонова. Сер. 55. Том 1. М.: ООО «Типография Айколорит», 2020. 123 с. EDN: <https://elibrary.ru/ypmldn>
12. Pronichkin S.V., Solodov S.V., Arlazarov V.L. SD-ABM Approach based on extended multigraphs for modeling food security // Journal of information technologies and computing systems. 2025. Iss. 4. P. 51–60. EDN: <https://elibrary.ru/kddiql>. <https://doi.org/10.14357/20718632250405>
13. Алимова М.С., Алимов С.А., Дмитрук Е.В., Шевченко К.К. Статистический анализ и моделирование оценки продовольственной безопасности региона на примере Орловской области // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2025. № 205. С. 266–278. EDN: <https://elibrary.ru/yvidou>. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-205-024>
14. Жолудева В.В. Продовольственная безопасность региона: статистический анализ, моделирование и прогнозирование // Вестник АПК Верхневолжья. 2020. № 2(50). С. 72–78. EDN: <https://elibrary.ru/beijls>. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2020.50.2.0013>
15. Клименко А.И., Усенко Л.Н., Холодова М.А. Прогнозирование продовольственной безопасности региона в контексте экономической доступности продуктов питания // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 1. С. 264–283. EDN: <https://elibrary.ru/qimvbl>. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-264-283>
16. Rogachev A.F., Antamoshkina E.N., Melikhova E.V., Pieshenko T.V., Belousov I.S. Estimation and forecasting of food security based on fuzzy cognitive approach // In: IOP Conference series: Earth and environmental science. Volgograd, 2020. P. 012009. EDN: <https://elibrary.ru/xhhsj>. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/577/1/012009>

17. Zheng Y., Gracia A., Hu L. Predicting foodborne disease outbreaks with food safety certifications: Econometric and machine learning analyses // *Journal of food protection*. 2023. Vol. 86. Iss. 9. P. 100136. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100136>
18. Prachi P., Shrivastav A., Goswami T., Choudhary R. Predictive modeling and risk assessment strategies for enhancing dairy product safety: A comprehensive review // *Food safety and health*. 2025. Vol. 3. Iss. 2. P. 172–187. <https://doi.org/10.1002/fsh3.12084>
19. Янковская В.С., Дунченко Н.И. Системный подход к обеспечению качества и безопасности пищевых продуктов на базе квалиметрии рисков // *Молочная промышленность*. 2024. № 6. С. 59–62. EDN: <https://elibrary.ru/fxouap>. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2024-6-15>
20. Janevska D.P., Gospavic R., Pacholewicz E., Popov V. Application of a HACCP-QMRA approach for managing the impact of climate change on food quality and safety // *Food research international*. 2010. Vol. 43. Iss. 7. P. 1915–1924. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.01.025>
21. Collins O.C., Duffy K.J. Optimal control strategies for reducing the interrelated issues of food insecurity and disease dynamics: A mathematical modelling approach using Nigeria as a case study // *Computational Biology and Chemistry*. 2026. Vol. 120. Part 1. P. 108664. <https://doi.org/10.1016/j.combiolchem.2025.108664>
22. Flood R.L., Carson E.R. Dealing with Complexity: An introduction to the theory and application of systems science. New York: Springer, 1988. 296 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-7799-3>
23. Guerrini L., Krawiec A., Szydłowski M. Bifurcations in an economic growth model with a distributed time delay transformed to ODE // *Nonlinear dynamics*. 2020. Vol. 101. Iss. 2. P. 1263–1279. <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05824-y>
24. Buedo-Fernández S., Liz E. On the stability properties of a delay differential neoclassical model of economic growth // *Electronic journal of qualitative theory of differential equations*. 2018. Vol. 43. P. 1–14. <https://doi.org/10.14232/ejqtde.2018.1.43>
25. Минаков И.А. Продовольственная безопасность в сфере потребления картофеля // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2023. № 3. С. 28–33. EDN: <https://elibrary.ru/oeroqs>. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2023-0-3-28-33>
26. Булыгина С.А., Колесняк А.А., Коваль А.Н. Мясные ресурсы региона: потребление, производство, эффективность // *Социально-экономический и гуманитарный журнал*. 2022. № 4(26). С. 10–19. EDN: <https://elibrary.ru/uwskab>. <https://doi.org/10.36718/2500-1825-2022-4-10-19>

Статья поступила в редакцию 02.06.2026; одобрена после рецензирования 27.07.2026; принята к публикации 10.08.2026

Об авторе:

Лобкова Елена Валерьевна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры социально-экономического планирования Института экономики, государственного управления и финансов; SPIN-код: 7877-1340, Researcher ID: GRF-3089-2022, Scopus ID: 57209528841

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

1. Visser O., Mamonova N., Spoor M., Nikulin A. Quiet food sovereignty' as food sovereignty without a movement? Insights from post-socialist Russia. *Globalizations*. 2015; 12(4):513–528. <https://doi.org/10.1080/14747731.2015.1005968> (In Eng.)
2. Ryazantsev S.V., Vartanova M.L. Strategic strengthening of the resource potential of the regions and the economic sovereignty of the Russian Federation in the context of the food system. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025; 17(5):18. EDN: <https://elibrary.ru/spykpz>. <https://doi.org/10.15862/21ECVN525> (In Russ.)
3. Cherkasova T.P., Geroev G.N. Threats to food security in Russia and import substitution tools. State and municipal management. *Scholar notes*. 2024; (3):117–124. EDN: <https://elibrary.ru/jfntee>. <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2024-1-3-117-124> (In Russ.)
4. Mkhitaryan V.S., Popova G.L. Classification of Russian regions by the level of agricultural development in 2019–2021. *Voprosy statistiki*. 2023; 30(4):43–53. EDN: <https://elibrary.ru/pjlsng>. <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-4-43-53> (In Russ.)

5. Shchetinina I.V. New documents, old problems. The availability of food in Russia. *ECO*. 2021; (6(564)):77–98. EDN: <https://elibrary.ru/dhsawz>. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2021-6-77-98> (In Russ.)
6. Shchetinina I.V. Has Russia achieved food security? *ECO*. 2024; (6(600)):258–280. EDN: <https://elibrary.ru/cdrgtf>. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2024-6-258-280> (In Russ.)
7. Trotsuk I.V., Nikulin A.M., Wegren S. Interpretations and dimensions of food security in contemporary Russia: Discursive and real contradictions. *Mir Rossii*. 2018; 27(1):34–64. EDN: <https://elibrary.ru/habtqj>. <https://doi.org/10.17323/1811-038X-2018-27-1-34-64> (In Russ.)
8. Borodin K.G. Economic access to food: Factors and methods of assessment. *HSE Economic journal*. 2018; 22(4):563–582. EDN: <https://elibrary.ru/yqodnz>. <https://doi.org/10.17323/1813-8691-2018-22-4-563-582> (In Russ.)
9. Shchennikova E.I., Shchennikova V.N. Food security: Criteria and problems for the security mechanism. *Economic problems and legal practice*. 2019; 15(5):54–59. EDN: <https://elibrary.ru/faycfr> (In Russ.)
10. Samygin D.Yu. Strategic models for food security forecasting. *Bulletin of agrarian science*. 2021; (1(88)):120–127. EDN: <https://elibrary.ru/whiiky>. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.1.120> (In Russ.)
11. Romanenko I.A., Siptits S.O., Evdokimova N.E. Methodology for assessing risks of loss of food security of the Russian Federation under the influence of non-stationary climate dynamics factors. *Scientific works of Nikonov VIAPL*. Ser. 55. Vol. 1. Moscow: Ajcolorit printing house LLC, 2020. 123 p. EDN: <https://elibrary.ru/ypmldn> (In Russ.)
12. Pronichkin S.V., Solodov S.V., Arlazarov V.L. SD-ABM Approach based on extended multigraphs for modeling food security. *Journal of information technologies and computing systems*. 2025; (4):51–60. EDN: <https://elibrary.ru/kddiql>. <https://doi.org/10.14357/20718632250405> (In Eng.)
13. Alimova M.S., Alimov S.A., Dmitruk E.V., Shevchenko K.K. Statistical analysis and modeling of the assessment of food security of the region using the example of the Orel region. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2025; (205):266–278. EDN: <https://elibrary.ru/yvidou>. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-205-024> (In Russ.)
14. Zholudeva V.V. Food security in the region: Statistical analysis, modeling and forecasting. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2020; (2(50)):72–78. EDN: <https://elibrary.ru/bejils>. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2020.50.2.0013> (In Russ.)
15. Klimenko A.I., Usenko L.N., Kholodova M.A. Predicting food security of the region in the context of food affordability. *Land reclamation and hydraulic engineering*. 2022; 12(1):264–283. EDN: <https://elibrary.ru/qimvbl>. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-264-283> (In Russ.)
16. Rogachev A.F., Antamoshkina E.N., Melikhova E.V., Pieshenko T.V., Belousov I.S. Estimation and forecasting of food security based on fuzzy cognitive approach. In: *IOP Conference series: Earth and environmental science*. Volgograd, 2020; 577:012009. EDN: <https://elibrary.ru/xhhksj>. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/577/1/012009> (In Eng.)
17. Zheng Y., Gracia A., Hu L. Predicting foodborne disease outbreaks with food safety certifications: Econometric and machine learning analyses. *Journal of food protection*. 2023; 86(9):100136. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100136> (In Eng.)
18. Prachi P., Shrivastav A., Goswami T., Choudhary R. Predictive modeling and risk assessment strategies for enhancing dairy product safety: A comprehensive review. *Food safety and health*. 2025; 3(2):172–187. <https://doi.org/10.1002/fsh3.12084> (In Eng.)
19. Yankovskaya V.S., Dunchenko N.I. A Systematic approach to food quality and safety: Risk qualimetry. *Dairy industry*. 2024; (6):59–62. EDN: <https://elibrary.ru/fxouap>. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2024-6-15> (In Russ.)
20. Janevska D.P., Gospavic R., Pacholewicz E., Popov V. Application of a HACCP-QMRA approach for managing the impact of climate change on food quality and safety. *Food research international*. 2010; 43(7):1915–1924. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.01.025> (In Eng.)
21. Collins O.C., Duffy K.J. Optimal control strategies for reducing the interrelated issues of food insecurity and disease dynamics: A mathematical modelling approach using Nigeria as a case study. *Computational Biology and Chemistry*. 2026; 120(1):108664. <https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2025.108664> (In Eng.)

22. Flood R.L., Carson E.R. Dealing with complexity: an introduction to the theory and application of systems science. New York: Springer, 1988. 296 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-7799-3> (In Eng.)
23. Guerrini L., Krawiec A., Szydłowski M. Bifurcations in an economic growth model with a distributed time delay transformed to ODE. *Nonlinear dynamics*. 2020; 101(2):1263–1279. <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05824-y> (In Eng.)
24. Buedo-Fernández S., Liz E. On the stability properties of a delay differential neoclassical model of economic growth. *Electronic journal of qualitative theory of differential equations*. 2018; 43:1–14. <https://doi.org/10.14232/ejqtde.2018.1.43> (In Eng.)
25. Minakov I.A. Food security in the sphere of potato consumption. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2023; (3):28–33. EDN: <https://elibrary.ru/oeroqs>. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2023-0-3-28-33> (In Russ.)
26. Bulygina S.A., Kolesnyak A.A., Koval A.N. Meat resources of the region: Consumption, production, efficiency. *Socio-economic and humanitarian journal*. 2022; (4(26)):10–19. EDN: <https://elibrary.ru/uwskab>. <https://doi.org/10.36718/2500-1825-2022-4-10-19> (In Russ.)

The article was submitted 02.06.2026; approved after reviewing 27.07.2026; accepted for publication 10.08.2026

About the author:

Elena V. Lobkova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; Associate Professor of the Department of Social and Economic Planning, Institute of Economics, Public Administration and Finance; SPIN: 7877-1340, Researcher ID: GRF-3089-2022, Scopus ID: 57209528841

The author has read and approved the final version of the manuscript.