



Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Исследование циклической волатильности цен на рыбопродукты в Российской Федерации

А.Г. Мнацаканян, А.М. Карлов, А.Г. Харин

Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»), Советский пр-т, д.1, г. Калининград, 236022

E-mail: mag@klgtu.ru

SPIN-код: А.Г. Мнацаканян 8344–7404, А.М. Карлов 7634–7341, А.Г. Харин 1405–0290

Цель работы: проверка гипотезы о существовании периодически изменяющейся во времени волатильности цен и определение ключевых характеристик этого процесса.

Используемые методы: декомпозиция динамики цен на основные виды рыбопродуктов в России с выделением и анализом её составляющих; для конструирования модели, описывающей траекторию изменения цен применены положения теории паутины (Cobweb Theory), в частности, модель Кейгана, преобразованная в модель гармонического осциллятора.

Результаты: установлено, что цены на рыбопродукты в РФ, помимо общей тенденции к росту, также имеют циклическую волатильность и время от времени подвержены шоковым изменениям; определены параметры выявленных циклических колебаний цен.

Научная новизна: разработана нелинейная модель, в агрегированном виде отражающая влияние на цены на рыбопродукты эндогенных и экзогенных факторов. Модель описывает циклические изменения цен в виде релаксационных колебаний.

Практическая значимость: исследование рецессивных характеристик волатильности цен на рыбопродукты позволило выделить ключевые параметры мер воздействия на цены. Данные параметры могут быть использованы при осуществлении отраслевой и социально-экономической политик.

Ключевые слова: рыбопродукты, цены, волатильность, цикличность, шоки, стабильность.

Study of cyclic price volatility for fish products in Russia

Albert G. Mnatsakanyan, Anatoly M. Karlov, Alexander G. Kharin

Kaliningrad State Technical University («KSTU»), 1, Sovetsky Prospekt, Kaliningrad, 236022, Russia

The purpose of the work: to test the hypothesis about the existence of periodically changing price volatility over time and to determine the key characteristics of this process.

Methods used: decomposition of price dynamics for the main types of fish products in Russia with the allocation and analysis of its components; to construct a model describing the trajectory of price changes, the provisions of the spider web theory were used, in particular, the Kagan model, transformed into the harmonic oscillator model.

Results: it was found that prices for fish products in the Russian Federation, in addition to the general upward trend, also have cyclical volatility and are subject to shock changes from time to time; the parameters of price fluctuations were determined.

Scientific novelty: A nonlinear model has been developed that reflects in aggregate form the influence of endogenous and exogenous factors on prices for fish products. The model describes cyclical price changes in the form of relaxation fluctuations.

Practical significance: The study of the recessive characteristics of price volatility made it possible to identify the key parameters of possible measures of industry policy. These measures can become part of the socio-economic policy.

Keywords: Fish products, prices, volatility, cyclicality, shocks, stability.

ВВЕДЕНИЕ

Волатильность цен на продовольствие и на рыбную продукцию, в частности, оказывает существенное влияние на многие аспекты деловой и общественной жизни. При этом далеко не все изменения цен имеют критически важное значение. Например, ког-

да цены движутся по устоявшемуся тренду, соответствующему общему направлению развития экономики, или когда они демонстрируют типичную либо известную закономерность, их изменение не создаёт серьёзных проблем. Однако в тех случаях, когда колебания цен велики или их невозможно, они увеличивают степень неопределённости, приводят к росту

рисков всех участников рынка и могут стать причиной принятия ими неоптимальных решений¹. Хотя в обычных условиях колебания цен служат важными рыночными сигналами для производителей и потребителей, чрезмерная волатильность цен может подорвать экономическую обоснованность этих сигналов. Вызванные неопределённостью цен рыночные риски сильно затрудняют планирование экономической деятельности [Dahl, Yahya, 2019]. Так, производители продукции могут столкнуться с риском потери своих инвестиций, сделанных в период высоких цен, в случае последующего значительного снижения цен². Неопределённость динамики цен также может стать причиной ухудшения экономического самочувствия потребителей и снижения уровня продовольственной безопасности, создающих угрозу благосостоянию и социально-политической стабильности. Поэтому многими авторами стабильность и предсказуемость цен рассматриваются в качестве одного из основных условий поступательного общественного развития, включая многие вопросы эффективности экономической деятельности, социальной справедливости и рационального использования природных ресурсов [Pincinato et al., 2020].

Данная статья посвящена изучению динамики цен на рыбопродукты в РФ с целью выявить и описать закономерности в процессе ценообразования, которые могут быть использованы для разработки мер отраслевой и общеэкономической политик. Используя известные положения экономической теории, мы пытаемся найти ответы на следующие вопросы:

во-первых, существует ли цикличность в изменении цен на рынке рыбопродуктов в РФ;

во-вторых, в случае положительного ответа на первый вопрос, каковы основные параметры этой цикличности;

в-третьих, вызваны ли волатильность и цикличность цен на рыбопродукты только взаимодействием спроса и предложения либо на них оказывают существенное влияние также иные факторы;

в-четвертых, каковы возможные стратегии управления параметрами рынка, способные стабилизировать цены на рыбопродукты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одним из часто используемых подходов к исследованию динамического равновесия на товарных рынках продовольствия является теория паутины (Cobweb Theory). Центральной идеей этой теории выступает предположение о взаимосвязанности колебаний цен и предложения, причём, предложение приспосабливается к изменяющимся условиям спроса, которые отражаются в изменении цен не мгновенно, а с временным лагом. Принято считать, что теория паутины применима к рынкам, производство товаров для которых требует времени и зависит от цены, ожидаемой на момент продажи, а предложение на момент продажи определяет фактическую рыночную цену [Chaudhry, Miranda, 2018]. Данные свойства во многом присущи рынку рыбной продукции.

За почти вековую историю своего существования теория паутины претерпела значительную трансформацию пройдя путь от анализа ограниченного набора явных факторов к исследованию сложных адаптивных и рациональных мотивов, лежащих в основе поведения экономических агентов и позволяющих довольно точно отражать состояние рыночного равновесия [Geoffrey, 2023]. Первоначально эта теория базировалась на предположении, что производители имеют одинаковые ожидания и корректируют предложение в соответствии с ценой последнего периода, рынок в каждый период ясен, а функции спроса и предложения имеют линейный вид (т. е. рынок описывается рекурсивными линейными моделями с эндогенной динамикой). Однако со временем паутинные модели существенно трансформировались за счёт ослабления этих предположений и добавления новых условий, позволяющих приблизить изучаемую ситуацию к реалиям рынка. Исследователями стали применяться сложные методы анализа характеристик и условий равновесия цен. Такая эволюция моделей паутины была во многом вызвана ограниченными возможностями простых разностных уравнений для изучения экономической динамики. Несмотря на то, что линейные уравнения удобны для формулировки ряда условий динамической устойчивости, необходимых для получения итоговой сравнительной статистики, они не способны адекватно описывать повторяющееся во времени циклическое поведение, свойственное многим ценовым рядам. Стремясь к изучению более реалистичных гипотез современные версии теории паутины идут по пути увеличения числа и усложнения анализируемых факторов. В частности, предпринимаются попытки включения в нелинейные модели непрерывного времени, отра-

¹ FAO, IFAD, IMF, OECD, UNCTAD, WFP, the World Bank, the WTO, IFPRI and the UN HLT. 2011. Price Volatility in Food and Agricultural Markets: Policy Responses. <https://www.oecd.org/tad/agricultural-trade/48152638.pdf>

² European Union Committee. 2016. Responding to price volatility: creating a more resilient agricultural sector. 15th Report of Session 2015-16. Paper 146. Chapter 2: Price volatility. <https://publications.parliament.uk/pa/ld201516/ldselect/ldeucom/146/14605.htm>

жающие влияние на динамику цен на неустойчивых рынках ряда параметров, способных точнее учитывать ценовую эластичность спроса и предложения, а также различного вида функций задержки производства [Matsumoto, Szidarovszky, 2015; Anokye, et al., 2023]. Другим направлением развития теории паутины является моделирование хаотической динамики параметров рынка, включая вопросы конвергенции и дивергенции ключевых переменных, нестабильности условий и возможности внутренних изменений, а также прогнозирования и выбора стратегии [Gallas, Nusse, 1996; Gouel, 2012]. По мнению некоторых учёных, использование паутиных моделей, основанных на нелинейных кривых спроса и предложения и допускающих учёт влияния самых разнообразных факторов хотя и не лишено недостатков, тем не менее, существенно повышает достоверность результатов исследования многих экономических процессов в рыночной экономике [Assous, Carr, 2022].

К настоящему времени многие проблемы теории паутины, связанные с её большей адаптацией к реальным экономическим процессам, требующим учёта нелинейной динамики и стохастических возмущений, успешно преодолены, однако по-прежнему остаётся ряд вопросов, ждущих своего решения. Одним из таких вопросов является построение моделей, улучшающих понимание реакции цен на различного рода события, ведущие к разбалансировке рынков. Интерес также представляет тестирование рынков на способность к демпфированию влияния шоков, лежащую в основе их механизма саморегулирования (сходимость к равновесию). Наличие данной способности, в частности, предсказывалось одним из основоположников современной экономической науки П. Самуэльсоном, полагавшим, что стабильный случайный процесс в конечном итоге забывает своё прошлое и, следовательно, можно ожидать, что далёкое будущее приблизится к эргодическому распределению вероятностей [Samuelson, 1976].

По мнению многих исследователей, важнейшим элементом механизма самобалансировки рынка является цена, выступающая главным фактором спроса и предложения. При этом, согласно теории паутины, реакция предложения на некоторых товарных рынках на изменение цен не является мгновенной. В то время как спрос на товар зависит от его цены в текущий момент времени, объём предложения этого товара является функцией его цены в предыдущем периоде. Результатом такого рассогласования становится нарушение рыночного равновесия, приводящего к периодическим колебаниям спроса и предложения и выражающееся в циклическом изменении цен.

Обычно динамика цены и количества предлагаемого на рынке товара имеет спиралевидный вид. Оба этих параметра могут двигаться по спирали либо внутрь, обуславливая сходимости экономики к состоянию равновесия, когда предложение товара в точности совпадает со спросом, либо наружу, приводя к удалению экономики от равновесия. На данную особенность некоторых рынков, в частности, указывал один из первых авторов теории паутины Я. Тинберген, отмечавший зависимость поведения рынков от вида кривых спроса и предложения на обращающийся на них товар [Dekker, 2021]. В том случае, если кривая предложения имеет более крутой наклон, чем кривая спроса, амплитуда колебаний цены и объёма с течением времени уменьшается, формируя сходящуюся внутрь спираль. Данное состояние, когда кривая спроса более эластична, чем кривая предложения в точке равновесия, называется конвергентным случаем. В противоположной ситуации, когда кривая предложения более эластична, чем кривая спроса в точке равновесия, происходит циклическое увеличение амплитуды колебаний цены и объёма товара, ведущее ко всё большему удалению обоих параметров от точки равновесия, имеет место дивергентный случай [Kaldor, 1934]. Возможна также ситуация одинакового наклона кривых спроса и предложения, обуславливающая возникновение постоянных, не меняющихся с течением времени колебаний цены и объёма. Ещё одним сложным, но довольно распространённым на практике случаем является нелинейный вид кривой предложения, имеющей менее крутой наклон, чем кривая спроса вблизи точки равновесия, но более крутой на удалении от неё. В данном случае нарастание отклонений цены и объёма от равновесных значений носит ограниченный характер, и динамика этих параметров сходится к предельному циклу [Кузнецов, 2023]. Указанное свойство лежит в основе политики «мягкого» регулирования рынка, суть которой состоит в точной настройке его параметров и запуску механизмов саморегулирования.

Для изучения и прогнозирования волатильности цен часто используются одномерные и многомерные факторные эконометрические модели, базирующиеся на различных принципах экономической теории. Существуют также безфакторные модели, нацеленные не на выявление причинно-следственных связей между ценами и влияющими на них факторами, а на непосредственное прогнозирование эндогенного показателя (цены) без учёта в явном виде экзогенных переменных. Такого типа модели составляют инструментальную основу многих версий теории паутины. Обычно построение безфакторных моделей предпо-

лагает декомпозицию ценового ряда, т. е. его разложение на несколько базовых структурных составляющих с выделением, во-первых, общего тренда, во-вторых, циклических и сезонных колебаний и, в-третьих, случайных отклонений. В этом случае ряд долгосрочной тенденции задаёт общее направление изменения цен на исследуемый товар с течением времени. Ряд циклической волатильности отражает периодические колебания цен в долго- и среднесрочной перспективе. Ряд сезонных факторов отображает изменения цен в течение одного года, а ряд случайных факторов содержит стохастическую составляющую волатильности. Таким образом, несколько видоизменив изложенный выше подход можно разделить ряд, определяющий динамику цен на рыбопродукты на три базовые компоненты:

$$p(t) = f(d(t), s(t), h),$$

где $p(t)$ – изменение исследуемой цены; $d(t)$ – детерминированная компонента, представляющая собой некоторую функцию, отражающую долгосрочную тенденцию изменения цены; $s(t)$ – компонента, моделирующая характер периодической и квазипериодической вариации цены; h – нерегулярная, стохастическая компонента в изменениях цен.

Существуют два основных метода разложения ценовых временных рядов, использующих аддитивные или мультипликативные модели. Цены на рыбопродукты (как на любой другой массовый потребительский товар) формируются под воздействием множества разнородных факторов, часто взаимозависимых друг от друга. Помимо разной размерности и взаимосвязанности этих факторов, для цен на рыбопродукты также характерно увеличение со временем размаха колебаний. Учитывая данные обстоятельства, для исследования временных рядов цен предпочтительнее использовать мультипликативную модель декомпозиции, которая затем довольно просто трансформируется в аддитивную форму [Зоркальцев, Полковская, 2020].

Для того, чтобы исключить явное и сильное влияние на результаты анализа общей инфляции, выступающей мощнейшим фактором роста цен на все товары, в том числе, цен на рыбопродукты, необходимо подавить имеющийся в них тренд. Обычно под трендовой компонентой понимается детерминированная функция от времени, которую моделируют с помощью стандартного вида функций. В нашем случае, принимая во внимание выявленный эмпирическим путём экспоненциальный вид анализируемой функции $p(t)$ [Мнацакян и др., 2023 а], для детрендрования имеет смысл прибегнуть к её линеаризации посред-

ством последовательного применения операций логарифмического преобразования и дифференцирования (расчёта первых разниц). Это в конечном счёте позволяет получить ряд относительных приращений, отражающий темпы (индексы) изменения цен и содержащий информацию о вариациях цен на рыбопродукты вида:

$$P_t = \ln R_t - \ln R_{t-1},$$

где R_t и R_{t-1} – уровни цен на рыбопродукты за текущий и предыдущий периоды времени соответственно. Для удобства анализа дополнительно выполняется масштабирование данных – их нормализация с помощью метода минимакс³. Подготовленные таким образом данные приобретают свойство стационарности, что упрощает задачу идентификации паттернов в динамике исследуемых цен, которые могут носить циклический, квазипериодический и нерегулярный характер.

Общеметодической основой для анализа волатильности цен служит теория паутины. Мы исходим из того, что наличие временного лага между решениями о предложении и спросе обуславливает эффекты конкурентной игры и ограниченной рациональности и, в конечном счёте, приводит к циклическому изменению цен на рыбопродукты. Для исследования параметров цикличности цен используется теоретический подход, согласно которому классическая модель Кейгана, объясняющая возникновение инфляционных колебаний, при определённых условиях трансформируется в модель гармонического осциллятора [Смирнов, 2000]. В рамках этого подхода влияние событий, происходящих как в экономике, так и вне её, носящих внешний характер по отношению к исследуемому рынку рассматривается как возмущения гармонического осциллятора, что позволяет представить цикл изменения цен в виде релаксационных колебаний. Тогда вынужденные колебания цен, возникающие под действием внешней периодической силы $X(t)$, подчиняются гармоническому закону:

$$\ddot{P} + 2\delta\dot{P} + \omega_0^2 P = X(t), \quad (1)$$

где P – колеблющаяся величина, δ – коэффициент затухания (величина, обратная времени релаксации), ω_0 – собственная циклическая частота колебательной системы.

Сложная природа внешних сил и нелинейный характер их воздействия на процесс формирования цен в рыночной экономике исключают аналитическое ре-

³ Microsoft Learn. Справочник компонентов. Нормализация данных. <https://learn.microsoft.com/ru-ru/azure/machine-learning/component-reference/normalize-data?view=azureml-api-2>

шение уравнения релаксационного осциллятора (1). Решение этого уравнения возможно только в численном виде. Поскольку наша работа сфокусирована на выявлении закономерностей в динамике цен на рыбопродукты и носит в большей мере прикладной, нежели теоретический характер, поиск таких решений и определение их оптимальных вариантов представляет собой отдельное направление исследований, выходящее за рамки данной статьи.

Если несколько упростить задачу и предположить, что воздействие внешней силы носит периодический характер, т. е.:

$$X(t) = X_0 \cdot \cos \omega t, \quad (2)$$

где ω – циклическая частота вынужденных колебаний, обусловленных внешней силой, то решение уравнения (1) может быть получено путём решения двух уравнений. Во-первых, нахождения общего решения однородного дифференциального уравнения вида $\ddot{P} + 2\delta\dot{P} + \omega_0^2 P = 0$, описывающего малые свободные затухающие колебания линейного осциллятора. Решением этого уравнения является выражение вида:

$$P_1 = A_0 e^{-\delta t} \cdot \cos(\omega_1 t + \varphi_1),$$

где A_0 – начальная амплитуда колебаний, $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$. Данное выражение описывает процесс установления колебаний в системе на их начальной стадии. Во-вторых, частного решения неоднородного дифференциального уравнения (1), соответствующего незатухающим периодическим колебаниям. Поскольку возмущающая сила изменяется по гармоническому закону (2), то установившиеся колебания также будут носить гармонический характер и определяются интенсивностью и частотой вынуждающей силы, т. е.:

$$P_2 = A \cdot \cos(\omega t - \varphi),$$

где A – амплитуда вынужденных колебаний, φ – сдвиг фаз между смещением и вынуждающей силой. Общее же решение уравнения (1) в рассматриваемом нами случае выглядит как $P(t) = P_1(t) + P_2(t)$. В зависимости от соотношения этих двух компонент в предельных случаях возможны как полностью прекращающиеся со временем, так и продолжающиеся неопределённо долго колебания цен. А взаимодействие указанных компонент со спорадическими факторами, имеющими неэкономическую природу (например, административные меры, преследующие социально-политические или экологические цели), может приводить к возникновению колебаний сложной формы, в том числе, к образованию комплексифицированных предельных циклов в динамике цен.

Описанная выше модель, хотя и не лишена ряда недостатков, в силу своей относительной простоты и апробированности, а также нетребовательности к объёму информации может служить удобной методической основой для изучения и прогнозирования динамики цен на рыбопродукты в РФ.

Информационную основу для практического применения описанной выше модели составляют данные, полученные из открытых источников. В качестве объектов исследования нами выбраны 4 товарные группы, на долю которых в 2020–2021 гг. в сумме приходилось около 3/4 среднелюдиного потребления рыбопродуктов в РФ. Это: рыба мороженая разделанная, кроме лососевых пород, рыба мороженая неразделанная, филе рыбное, рыбные консервы. Источником информации является общедоступная база данных ЕМИСС/Росстат.⁴ По первым двум группам товаров имеется информация о ежемесячных потребительских ценах за 2000–2023 гг., по филе рыбному – с 2009 по 2023 гг., по рыбным консервам – с 2000 по 2021 гг. Таким образом, используемая выборка охватывает основную часть физического объёма потребления рыбопродуктов в РФ, а анализируемый ряд данных насчитывает до 288 периодов наблюдений, что, по нашему мнению, обеспечивает репрезентативность исследования и адекватность полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Тренд и волатильность. Графики, представленные на рис. 1, отражают динамику ежемесячных номинальных цен на основные виды рыбопродуктов за период 2000 по 2023 гг. Прежде всего, следует отметить явно видную закономерность в изменении цен, выражающуюся в их последовательном росте в течение всего периода наблюдений. Данная тенденция во многом объясняется действием трёх основных факторов: ростом издержек производства и обращения, общей продовольственной инфляцией, а также изменением уровня доходов населения, оказывающих определяющее влияние на структуру потребительского спроса и на цены на рыбные товары [Мнацаканян, Харин, 2023]. В свою очередь, на фоне этой доминирующей тенденции присутствуют колебания, в том числе, циклического характера, на наличие которых указывали результаты наших предыдущих исследований [Мнацаканян и др., 2023 б].

При более пристальном рассмотрении также можно заметить, что в рамках циклических колебаний

⁴ Росстат/ЕМИСС. Средние потребительские цены (тарифы) на товары и услуги. <https://showdata.gks.ru/finder/descriptors/277328>

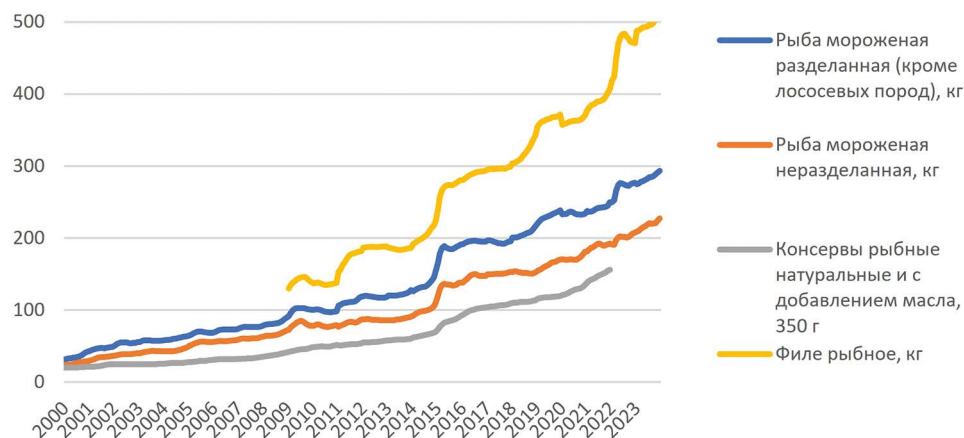


Рис. 1. Потребительские цены на основные рыбопродукты в РФ, руб. за единицу⁴

Fig. 1. Consumer prices for main fish products in the Russian Federation, rub. for a unit⁴

цены на рыбопродукты имеют, как минимум, два компонента волатильности – короткий (высокочастотный) цикл внутри медленно развивающегося (низкочастотного) цикла. Изучим эти составляющие волатильности цен подробнее, предварительно выполнив детрендинг данных по изложенной выше методике.

Сезонность цен. Прежде чем приступить к изучению цикличности изменения цен, следует выяснить и, по возможности, устранить влияние ещё одного фактора волатильности – сезонности спроса и предложения. Анализ динамики цен на основные виды рыбопродуктов с точки зрения наличия сезонных колебаний не даёт однозначного результата. Среди исследуемых товаров явную сезонность показывают цены на рыбу мороженую неразделанную и консервы рыбные. У других товаров данная компонента волатильности цен проявлялась только в отдельные годы либо слабо выражена. Сезонная цикличность цен на рыбопродукты также сильно искажена влиянием других факторов, в основном носящих внеотраслевой характер. При более внимательном рассмотрении можно заметить некоторое ускорение роста цен в конце года и его замедление в первые месяцы, что, по-видимому,

обусловлено особенностями производства и логистики рыбной продукции, а также спроса на неё. Однако сезонные колебания логарифмированных цен на все виды исследуемых товаров в среднем за рассматриваемый период не превышали $\pm 2\%$ (рис. 2).

Поскольку фактор сезонности для большинства рыбных товаров нестабилен и незначителен, чтобы полностью исключить его влияние и тем самым упростить задачу моделирования циклической волатильности, в дальнейшем используются среднегодовые показатели. С этой же целью выполнено агрегирование (путём расчёта средних арифметических значений) показателей индексов цен на исследуемые товары, позволившее перейти к обобщённому показателю.

Кластерные характеристики волатильности цен. Эффект кластеризации и образования паттернов волатильности цен на сельскохозяйственную продукцию довольно подробно описан и изучен в экономической литературе [Schroeter, 2007]. Вместе с тем имеющиеся исследования цен на рынках рыбо- и морепродуктов РФ в основном носят обзорный характер. Хотя эти товары подвержены более частым и сильным колебаниям цен, чем многие другие виды продовольствия,



Рис. 2. Коэффициенты сезонности логарифмированных цен на рыбопродукты (средние значения за исследуемый период)

Fig. 2. Seasonality coefficients of logarithmized prices for fish products (average values for the study period)

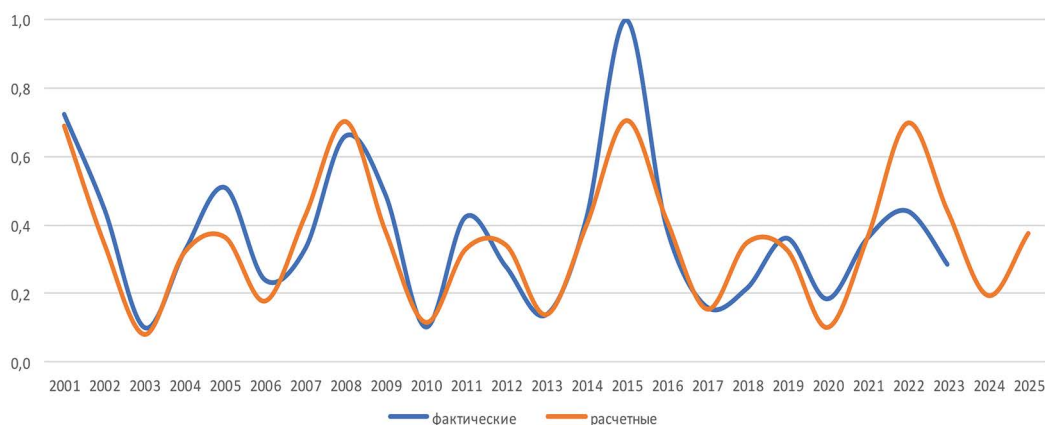


Рис. 3. Фактические и смоделированные значения нормализованного индекса логарифмированных цен на рыбопродукты в РФ

Fig. 3. Actual and simulated values of the normalized index of logarithmic prices for fish products in the Russian Federation

данный эффект для них во многом остаётся малоизученным. Наша работа отчасти устраняет существующий пробел.

Обычно для определения параметров цикличности во временных рядах рекомендуется пользоваться методами гармонического или спектрального анализа, которые позволяют оценить наличие периодических структур, и на этой основе построить периодическую модель временного ряда. Применение нами данной техники выявило в динамике цен на рыбопродукты несколько повторяющихся циклов различной длины, среди которых выделяются краткосрочный цикл с периодом приблизительно равным 3,5 лет и среднесрочный – с периодом немногим более 7 лет. Аппроксимация этих колебательных процессов с помощью быстрого преобразования Фурье и других инструментов, входящих в стандартный пакет анализа Microsoft Excel, позволила получить уравнения, описывающие циклическую динамику обобщённого индекса цен вида:

$$P_1 = A_1 e^{-\delta t} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_1} t + \varphi_1\right); \quad (3)$$

$$P_2 = A_2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_2} t - \varphi_2\right); \quad (4)$$

$$P(t) = P_1(t) + P_2(t) + c, \quad (5)$$

где A_1 и A_2 – амплитуды краткосрочного и среднесрочного колебаний нормализованных значений индекса логарифмированных цен, φ_1 и φ_2 – сдвиг фаз колебаний, T_1 и T_2 – периоды колебаний, δ – коэффициент затухания краткосрочных колебаний, c – константа (смещение).

Данные уравнения описывают сложную циклическую составляющую волатильности цен на рыбопро-

дукты с позиций теории гармонического осциллятора. Они представляют собой динамическую модель релаксационных колебаний цены с дискретным временем, возникающих в результате реакции рыночного механизма установления цен на рыбопродукты на внешнее воздействие. Исследуемый процесс является комбинацией двух колебательных процессов: во-первых, изменения цен в силу внутренних причин (асимметричности реакции спроса и предложения), описываемого уравнением (3) и, во-вторых, изменения цен под воздействием внешней возмущающей силы, описываемого уравнением (4). Итоговый вид функции циклической волатильности цен задаётся уравнением (5). Подгонка модели, выполненная расчётно-аналитическим способом по критерию максимального совпадения расчётных и эмпирических данных, дала следующие значения её параметров:

$$A_1 = 0,2; A_2 = A_1 * k; \varphi_1 = -1,8; \varphi_2 = 0,4; \\ T_1 = 3,5; T_2 = 7,3; \delta = 0; k = 0,77; c = 0,35;$$

одна единица времени t составляет один год⁵.

На рис. 3 приведены графики фактических и расчётных (смоделированных) значений рассматриваемого временного ряда индексов цен. Визуальная проверка путём сравнения общего вида двух кривых позволяет говорить о высокой степени соответствия смоделированных и наблюдаемых значений. Стандартные показатели оценки точности моделирования, а именно, коэффициент детерминации $R^2 = 0,69$; средняя ошибка аппроксимации MAPE = 21,4%; сред-

⁵ При указанных значениях параметров собственные (краткосрочные) колебания не затухают, а циклическое изменение амплитуды индекса цен является результатом взаимодействия двух колебательных процессов, кратко- и среднесрочного.

няя абсолютная ошибка $MAE = 0,078$; среднеквадратическое отклонение $MSE = 0,002$; коэффициент корреляции Пирсона – $0,85$, также указывают на удовлетворительное качество полученной модели.

ОБСУЖДЕНИЕ

Судя по приведённым выше показателям, синтезированная модель в целом довольно точно описывает циклическую динамику цен на рыбопродукты в РФ. В составе этой модели присутствуют 2 цикла – краткосрочный с периодом 3,5 года, соответствующий каноническому циклу Китчина, и среднесрочный с периодом 7,3 года, который, вероятно, можно отнести к т. н. циклам Жюгляра. Принято считать, что причинами возникновения первого типа циклов являются асимметричность, неполнота и запаздывание рыночной информации, необходимой для принятия решений о производстве и реализации продукции, а также особенности потребительского спроса на неё, влияющие на величину товарных запасов. В то время как среднесрочные циклы в основном объясняются изменением наличных производственных мощностей и временными лагами между принятием и выполнением инвестиционных решений по их замене. Описываемая моделью взаимодействие двух указанных циклов – потребительского и инвестиционного является основой механизма образования устойчивых паттернов волатильности цен на рыбопродукты в РФ.

Вместе с тем в отдельные периоды времени заметны существенные отклонения расчётных, полученных на основании модели индексов логарифмированных цен от их фактических значений (рис. 4). Возможным объяснением этих отклонений является действие неучтённых моделью факторов, влияние которых проявляется в виде резких скачков цен в отдельные периоды времени, нарушающих не только выявленную циклическую, но и вполне устойчивую долгосрочную

тенденцию. Сглаживание же исходных данных, с целью подавить этот эффект в описанной выше модели не применялось, поскольку подобная процедура, по нашему мнению, способна привести к утрате важной для понимания процессов ценообразования информации.

Наибольшие абсолютные значения ошибки моделирования, обусловленные, как мы полагаем, влиянием на волатильность цен случайных факторов относятся к 2015 и 2022 гг. В промежутках между этими датами влияние нерегулярных факторов, приводящих к скачкам цен, было не столь существенно и затрагивало только отдельные товары. Несложно заметить, что указанные даты были отмечены разными по своей природе, но тем не менее, масштабными событиями, серьёзно повлиявшими на поведение потребителей и на цены на многие товары. Укрупнённо эти факторы, носящие внешний по отношению к рынку рыбопродуктов характер, могут быть обозначены как некие институциональные условия, первопричины которых находятся вне экономики. В отдельные периоды времени обусловленная действием данных факторов спорадическая волатильность становилась главной составляющей в динамике цен на рыбопродукты. Ценовые шоки сильно исказили присущие рыночному механизму циклические колебания, заметно увеличивали амплитуду, меняли частоту и фазу ценовых колебаний. Но несмотря на важную роль нерегулярной составляющей волатильности цен, её анализ и, тем более, полноценный учёт в рамках тривиального экономического подхода к моделированию вряд ли возможны.

Уравнения (3) и (4) содержат ряд параметров, указывающих на возможные направления воздействия на динамику цен на рыбопродукты. Такими параметрами в предложенной модели выступают коэффициент затухания колебаний цен в рамках потребитель-

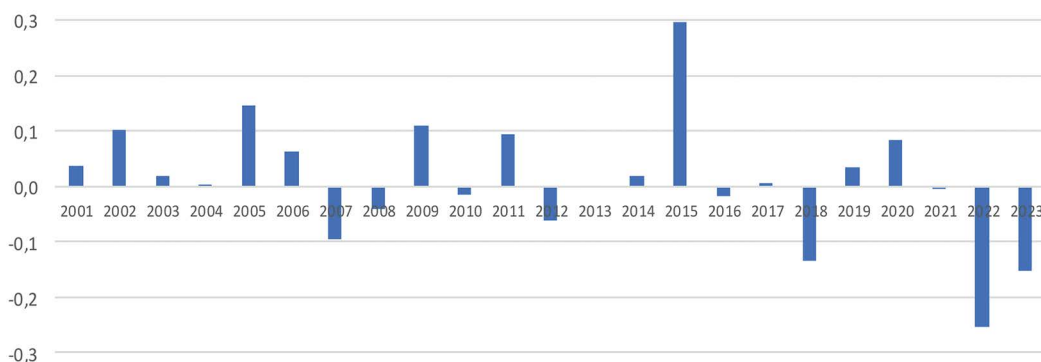


Рис. 4. Ошибки моделирования динамики цен
Fig. 4. Errors in modeling price dynamics

ского цикла δ и коэффициент k , определяющий соотношение между составляющими амплитуды индексов цен, относящимися к потребительскому и инвестиционному циклам. Управление этими параметрами позволяет добиться желаемой траектории изменения цен и, таким образом, оказывать стимулирующее или, напротив, сдерживающее влияние на спрос и предложение рыбных товаров. На рис. 5 приведены некоторые возможные траектории динамики индексов цен на рыбопродукты для различных значений δ и k , полученные с помощью модели, описываемой уравнениями (3–5).

Полученные результаты показывают, что при неизменности прочих параметров, в случае когда $\delta < 0$ (вариант б), возникает эффект дивергенции (расхождения), приводящий к нарастающему росту амплитуды колебаний цен. Напротив, при $\delta > 0$ (вариант а) наблюдается схождение краткосрочных, конъюнктурных колебаний, вплоть до их исчезновения. Как отмечалось выше, данный коэффициент в обобщённом виде характеризует режим функционирования отрасли и рынка. Поэтому вполне ожидаемым следствием усиления регуляторного воздействия на производство и спрос является некоторая (но неполная) стабилизация цен на продукцию отрасли. С другой

стороны, любые вариации коэффициента k , по своей сути являющегося обобщённой характеристикой типа отраслевой инвестиционной политики, также приводят к упорядочиванию колебаний с той лишь разницей, что при $k \rightarrow 0$ преобладающим становится краткосрочный цикл (вариант в), а в случае проактивной инвестиционной политики, при $k \rightarrow \infty$ доминирует среднесрочный цикл изменения цен (вариант г). Кроме того, в последнем случае, при прочих равных условиях, амплитуда колебаний цен заметно возрастает, что отражает предсказуемую реакцию рынка на избыточное инвестирование отрасли, периодически приводящее к острым кризисам перепроизводства. Оба выделенных параметра по своему назначению являются комплексными инструментами управления. Они с разными целями, в различных комбинациях и с разной степенью интенсивности в разные периоды времени использовались для регулирования отрасли и рынка и, отчасти, инструментализируют феномен, который мы выше определили как «спорадические возмущения неэкономической природы». Очевидно, что дальнейшее совершенствование предложенной модели должно идти по пути операционализации данных инструментов, в том числе, более детального изучения их структуры и характера влияния на цены.

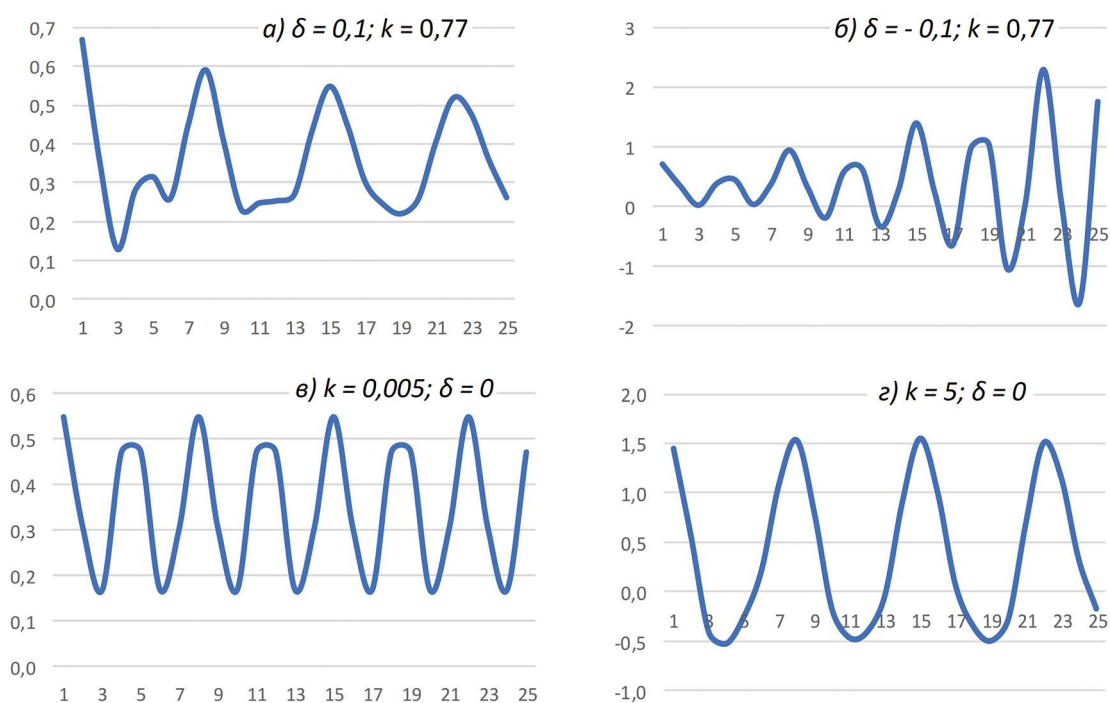


Рис. 5. Модификация динамики нормированного индекса логарифмированных цен на рыбопродукты при разных значениях коэффициентов δ и k

Fig. 5. Options for the dynamics of the normalized index of logarithmized prices for fish products at different values of the coefficients δ and k

Хотя тестирование указывает на высокую описательную способность модели, следует учитывать ряд ограничений, присущих такого рода конструктам. Прежде всего, в основе большинства циклических моделей лежит предположение о симметричности движения цены. Однако в действительности изменения цен не всегда имеют вид гармонических колебаний. Они часто асимметричны, могут значительно отклоняться от идеальной цикличности и, следовательно, не вполне адекватно описываются циклическими моделями. Кроме того, как показало наше исследование, помимо проциклических факторов, на цены также существенное влияние оказывают иные силы. В отдельные моменты времени действие этих сил может быть доминирующим и приводить к усилению или нивелированию эффекта цикличности. Вместе с тем полноценный учёт такого рода факторов, часто носящих неэкономический характер, в рамках циклических моделей непростая задача, обычно требующая индивидуальных решений. Следует также учитывать, что в силу ограниченности доступных временных рядов цен на рыбопродукты, в нашем случае содержащих не более трёх средне- и 5–6 коротковолновых циклов использование техники гармонического анализа, требующей гораздо более продолжительного горизонта анализа, способно давать лишь приблизительный результат. Поэтому строго говоря сделанный нами вывод о наличии циклов является в большей мере предположением, нежели подтверждённым статистическими процедурами выводом. Однако даже в обобщённом виде выяснение фундаментального смысла указанных параметров, не только во многом определяющих динамику цен на рыбопродукты в РФ, но и, по сути, составляющих «ядро» политики управления отраслью является полезным, поскольку позволяет повысить осознанности этой политики и предсказуемость её результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложена модель, описывающая циклические колебания индекса логарифмированных цен на рыбопродукты в РФ. В её основе лежит идея комбинирования различных циклов, в совокупности во многом определяющих динамику цен. Тестирование показало приемлемое качество модели, что делает возможным её использование для анализа рынка и принятия управленческих решений. В частности, предложенная модель и некоторые полученные с её помощью результаты могут быть использованы при разработке отраслевой контрциклической политики. Такая политика, базирующаяся на концептах кейнсианства и социально-ориентированной рыночной эко-

номики, нацеленная на подавление чрезмерной волатильности цен и повышение устойчивости экономики в кратко- и среднесрочной перспективе будет способствовать росту благосостояния граждан и поддержанию социальной стабильности российского общества.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа не имела дополнительного спонсорского финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Зоркальцев В.И., Полковская М.Н.* 2020. Аддитивная и мультипликативная модели выявления тренда и сезонных колебаний: приложение мультипликативной модели к динамике цен на сельскохозяйственную продукцию // Управление большими системами. Вып. 86. С. 98–115. DOI: 10.25728/ubs.2020.86.4
- Кузнецов С.Б.* 2023. Квазипериодическое развитие экономики // Вестник НГУЭУ. № 2. С. 182–194. DOI: 10.34020/2073-6495-2023-2-182-194
- Мнацаканян А.Г., Карлов А.М., Харин А.Г.* 2023 а. Исследование закономерностей цен на рыбные продукты в Российской Федерации // АПК: экономика, управление. № 4. С. 17–26. DOI: 10.33305/234-17
- Мнацаканян А.Г., Карлов А.М., Харин А.Г.* 2023 б. Тенденции и особенности цен на рыбные продукты в Российской Федерации // Вопросы рыболовства. Т. 24. № 2. С. 189–195. DOI: 10.36038/0234-2774-2023-24-2-189-195
- Мнацаканян А.Г., Харин А.Г.* 2023. Исследование внутренних факторов цен на рыбопродукты в России // Балтийский экономический журнал. № 4(44). С. 102–114. DOI: 10.46845/2073-3364-2023-0-4-103-114
- Смирнов А.Д.* 2000. Лекции по моделям макроэкономики // Экономический журнал ВШЭ. Т. 4. № 1. С. 87–122.
- Anokye M., Barnes B., Ohene Boateng F., Adom-Konadu A.* 2023. Price Dynamics of a Delay Differential Cobweb Model // Discrete Dynamics in Nature and Society. P. 1–11. DOI: 10.1155/2023/1296562
- Assous M., Carr V.* 2022. Modeling Economic Instability: A History of Early Macroeconomics. Cham, Switzerland: Springer Nature. 259 pp.
- Chaudhry M.I., Miranda M.J.* 2018. Complex Price Dynamics in Vertically Linked Cobweb Markets // Economic Modelling. V. 72. P. 363–378. DOI: 10.1016/j.econmod.2018.02.012
- Dahl R.E., Yahya M.* 2019. Price volatility dynamics in aquaculture fish markets // Aquaculture Economics & Management. V. 23. P. 321–340. DOI: 10.1080/13657305.2019.1632390

- Dekker E. 2021. Jan Tinbergen (1903–1994) and the Rise of Economic Expertise. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 484 pp.
- Gallas J., Nusse H. 1996. Periodicity versus chaos in the dynamics of cobweb models // Journal of Economic Behavior and Organization. V. 29. P. 447–464.
- Geoffrey P. 2023. Cobweb Theory, Market Stability, And Price Expectations // Journal of the History of Economic. V. 45(1). P. 137–161. DOI: 10.1017/S1053837222000116
- Gouel C. 2012. Agricultural Price Instability: A Survey of Competing Explanations and Remedies // Journal of Economics Surveys. V. 26. P. 129–156. DOI: 10.1111/j.1467-6419.2010.00634.x
- Kaldor N. 1934. A Classificatory Note on the Determinateness of Equilibrium // Review of Economic Studies. No. 1. P. 122–136.
- Matsumoto A., Szidarovszky F. 2015. The Asymptotic Behavior in a Nonlinear Cobweb Model with Time Delays // Discrete Dynamics in Nature and Society. V. 2. P. 1–14. DOI: 10.1155/2015/312574
- Pincinato R.B.M., Asche F., Oglend A. 2020. Climate change and small pelagic fish price volatility // Climatic Change. V. 161. P. 591–599. DOI: 10.1007/s10584-020-02755-w
- Samuelson P. 1976. Optimality of Sluggish Predictors under Ergodic Probabilities // International Economic Review. V. 17. P. 1–7.
- Schroeter J.R. 2007. Agricultural Commodity Markets and Trade: New Approaches to Analyzing Market Structure and Instability // Agricultural Economics. V. 36(1). P. 131–132. DOI: 10.1111/j.1574-0862.2007.00183.x
- Anokye M., Barnes B., Ohene Boateng F., Adom-Konadu A. 2023. Price Dynamics of a Delay Differential Cobweb Model // Discrete Dynamics in Nature and Society. P. 1–11. DOI: 10.1155/2023/1296562
- Assous M., Carr V. 2022. Modeling Economic Instability: A History of Early Macroeconomics. Cham, Switzerland: Springer Nature. 259 pp.
- Chaudhry M.I., Miranda M.J. 2018. Complex Price Dynamics in Vertically Linked Cobweb Markets // Economic Modelling. V. 72. P. 363–378. DOI: 10.1016/j.econmod.2018.02.012
- Dahl R.E., Yahya M. 2019. Price volatility dynamics in aquaculture fish markets // Aquaculture Economics & Management. V. 23. P. 321–340. DOI: 10.1080/13657305.2019.1632390
- Dekker E. 2021. Jan Tinbergen (1903–1994) and the Rise of Economic Expertise. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 484 pp.
- Gallas J., Nusse H. 1996. Periodicity versus chaos in the dynamics of cobweb models // Journal of Economic Behavior and Organization. V. 29. P. 447–464.
- Geoffrey P. 2023. Cobweb Theory, Market Stability, And Price Expectations // Journal of the History of Economic. V. 45(1). P. 137–161. DOI: 10.1017/S1053837222000116
- Gouel C. 2012. Agricultural Price Instability: A Survey of Competing Explanations and Remedies // Journal of Economics Surveys. V. 26. P. 129–156. DOI: 10.1111/j.1467-6419.2010.00634.x
- Kaldor N. 1934. A Classificatory Note on the Determinateness of Equilibrium // Review of Economic Studies. No. 1. P. 122–136.
- Matsumoto A., Szidarovszky F. 2015. The Asymptotic Behavior in a Nonlinear Cobweb Model with Time Delays // Discrete Dynamics in Nature and Society. V. 2. P. 1–14. DOI: 10.1155/2015/312574
- Pincinato R.B.M., Asche F., Oglend A. 2020. Climate change and small pelagic fish price volatility // Climatic Change. V. 161. P. 591–599. DOI: 10.1007/s10584-020-02755-w
- Samuelson P. 1976. Optimality of Sluggish Predictors under Ergodic Probabilities // International Economic Review. V. 17. P. 1–7.
- Schroeter J.R. 2007. Agricultural Commodity Markets and Trade: New Approaches to Analyzing Market Structure and Instability // Agricultural Economics. V. 36(1). P. 131–132. DOI: 10.1111/j.1574-0862.2007.00183.x

REFERENCES

- Zorkal'tsev V.I., Polkovskaya M.N. 2020. Additive and multiplicative models for identifying trends and seasonal fluctuations: application of the multiplicative model to the dynamics of prices for agricultural products // Management of Large Systems. Iss. 86. P. 98–115. DOI: 10.25728/ubs.2020.86.4 (In Russ.)
- Kuznetsov S.B. 2023. Quasiperiodic development of the economy // Bulletin of NSUEM. No. 2. P. 182–194. DOI: 10.34020/2073-6495-2023-2-182-194 (In Russ.)
- Mnatsakanyan A.G., Karlov A.M., Kharin A.G. 2023a. Study of patterns of prices for fish products in the Russian Federation // APK: economics, management. No. 4. P. 17–26. DOI: 10.33305/234-17 (In Russ.)
- Mnatsakanyan A.G., Karlov A.M., Kharin A.G. 2023b. Trends and features of prices for fish products in the Russian Federation // Fishery Issues. V. 24. No. 2. P. 189–195. DOI: 10.36038/0234-2774-2023-24-2-189-195 (In Russ.)
- Mnatsakanyan A.G., Kharin A.G. 2023. Study of internal factors of prices for fish products in Russia // Baltic Economic Journal. No. 4 (44). P. 102–114. DOI: 10.46845/2073-3364-2023-0-4-103-114 (In Russ.)
- Smirnov A.D. 2000. Lectures on macroeconomic models // Economic Journal of the Higher School of Economics. V. 4. No. 1. P. 87–122. (In Russ.)

Поступила в редакцию 25.09.2024 г.
Принята после рецензии 25.10.2024 г.