

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Научная статья

УДК 338.43

doi: 10.46845/2073-3364-2026-0-3-99-117

Оценка влияния факторов сельскохозяйственного производства на динамику индекса производства продукции сельского хозяйства Калининградской области

Алексей Владимирович Самсонов

ИНОТЭКУ ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия

aleksej.samsonov@klgtu.ru

Аннотация. В статье выполнена эконометрическая оценка факторов, определяющих динамику индекса производства продукции сельского хозяйства Калининградской области. Основная цель исследования — выявить ключевые ресурсные показатели регионального сельского хозяйства и уточнить модель их влияния на результирующий индекс на основе данных Росстата за 2000–2024 годы.

В работе применялись методы корреляционно-регрессионного анализа и эконометрического моделирования. По итогам анализа построена логарифмическая модель множественной регрессии, которая учитывает влияние поголовья сельскохозяйственных животных, внесения минеральных удобрений, объема водопользования, а также структурных сдвигов в отрасли.

Полученная модель показала высокую объясняющую способность и подтвердила устойчивую статистическую связь между индексом сельскохозяйственного производства и выбранными факторными переменными. Результаты могут быть полезны при анализе развития агропромышленного комплекса региона и подготовке прогнозов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, Калининградская область, индекс сельскохозяйственного производства, эконометрическая модель, множественная регрессия, логарифмическая модель, факторы сельскохозяйственного производства, региональная экономика, прогнозирование.

Для цитирования: Самсонов А. В. Оценка влияния факторов сельскохозяйственного производства на динамику индекса производства продукции сельского хозяйства Калининградской области // Балтийский экономический журнал. 2026. № 3(55). С. 99-117. <https://doi.org/10.46845/2073-3364-2026-0-3-99-117>

Assessment of the influence of agricultural production factors on the dynamics of the agricultural production index in the Kaliningrad region

Aleksey V. Samsonov

INOTEKU, Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
aleksej.samsonov@klgtu.ru

Abstract. The article presents an econometric assessment of factors influencing the dynamics of the agricultural production index in the Kaliningrad region. The purpose of the study is to identify the key indicators of regional agricultural production and to refine the model of their impact on the production index based on statistical data for 2000–2024.

The study applies correlation and regression analysis together with econometric modeling methods. Based on the results, a logarithmic multiple regression model was developed, taking into account the influence of livestock population, mineral fertilizer application, water use volume, and structural changes.

The resulting model demonstrated high explanatory power and confirmed a stable relationship between the agricultural production index and the selected indicators. The findings can be used in analyzing the development of the agro-industrial complex of the Kaliningrad region and in preparing forecast calculations.

Keywords: agriculture, agro-industrial complex, Kaliningrad region, agricultural production index, econometric model, multiple regression, logarithmic model, agricultural production factors, regional economy, forecasting.

For citation: Samsonov A. V. Assessment of the influence of agricultural production factors on the dynamics of the agricultural production index in the Kaliningrad region // Baltic Economic Journal. 2026;3(55):99-117. (In Russ.). <https://doi.org/10.46845/2073-3364-2026-0-3-99-117>

Агропромышленный комплекс (АПК) является одним из стратегически значимых секторов не только российской экономики в целом, но и Калининградской области в частности, так как обеспечивает продовольственную безопасность страны, формирует существенную долю валового регионального продукта и выступает основой занятости и жизнеобеспечения сельских территорий. В условиях структурной трансформации отрасли возрастает потребность в инструментах количественного анализа, способных объективно оценивать факторы, определяющие динамику сельскохозяйственного производства для повышения обоснованности управленческих решений.

Эконометрическое моделирование, позволяющее формализовать взаимосвязи между ресурсными факторами и производственными результатами, верифицировать гипотезы о характере этих связей и строить прогнозные оценки, представляет собой важнейший методологический инструмент аналитического обеспечения аграрной политики.

Вместе с тем, несмотря на широкое распространение эконометрических методов в экономической науке в целом, их применение к исследованию

динамики агропромышленного комплекса остаётся сравнительно ограниченным, в связи с недостатком работ, посвящённых многофакторному эконометрическому моделированию ключевых показателей АПК с применением развёрнутого диагностического аппарата.

Обобщим некоторые результаты научных исследований, посвящённых применению регрессионных и смежных эконометрических методов в анализе агропромышленного комплекса и связанных с ним подотраслей.

В статье Кузина В. И. и Харина А. Г. [6] предложен подход к оценке обеспеченности населения регионов РФ рыбопродукцией в контексте устойчивой продовольственной безопасности. Авторы сочетают два эконометрических метода: регрессию с регуляризацией «эластичная сеть» (ElasticNet) и двухэтапную кластеризацию. Модель использует спецификацию «затраты-выпуск» с пищевым статусом населения в качестве зависимой переменной, что позволяет оценить результативность продовольственной системы. Комбинированные штрафы в рамках ElasticNet обеспечивают разреженность модели и помогают справиться с мультиколлинеарностью. Кроме того, авторы применили двухэтапную кластеризацию по типу продовольственной системы и уровню благосостояния регионов, что заметно повысило интерпретируемость полученных результатов. В целом исследование подтверждает целесообразность использования регрессионных моделей с предварительным отбором факторов при анализе региональных продовольственных систем.

В работе Сергеева Л. И. и соавторов [12] исследованы стратегические аспекты цифровой трансформации АПК России, включая анализ целевых индикаторов и их взаимосвязи с показателями развития отрасли до 2030 года. Авторы обосновывают принципы декомпозиции целей и необходимость учета нелинейных эффектов. На основе официальных данных выявлена высокая корреляция между показателями цифровизации и валовой добавленной стоимостью сельского хозяйства (коэффициент детерминации до 0,994). Установлено, что расширение базы цифровых показателей — ключевой фактор ускорения трансформации, однако динамика импортозамещения электронной продукции остается низкой (рост лишь до 42,8 % к 2030 году).

В исследовании Акимова Е. Б. [2] рассматривается применение логистических кривых (Гомперца и Перла–Рида) для прогнозирования динамики товарного рыбоводства на примере осетровых и лососевых видов. Автор обосновывает преимущество нелинейных спецификаций, поскольку динамика показателей отрасли носит нелинейный характер. На основе данных за 2013–2025 гг. построены логарифмические модели, позволяющие определить точки перегиба, после которых темп роста замедляется. Логистические кривые адекватно отражают процессы развития и пригодны для среднесрочного прогнозирования. При этом, работа не содержит диагностических тестов (автокорреляция, гетероскедастичность, стационарность) и ограничивается

трендовым моделированием одномерного ряда без включения ресурсных переменных.

В статье Исхакова А. Т. и Гатиной Ф. Ф. [3] проведён многофакторный корреляционно-регрессионный анализ молочной продуктивности коров по регионам России с учётом природно-климатической дифференциации. Авторы построили линейные регрессионные модели для трёх климатических поясов, используя в качестве факторов расход кормов, структуру рациона и уровень оплаты труда работников сельского хозяйства. В результате выявлено, что коэффициент множественной детерминации достигает 78–92 %, при этом основным фактором во всех зонах выступает уровень кормления животных, тогда как значимость остальных переменных варьируется в зависимости от региона. Разработанные уравнения регрессии авторы рекомендуют использовать для прогнозирования результатов деятельности сельскохозяйственных организаций АПК.

В таблице 1 систематизированы примеры научных исследований, посвящённых применению регрессионного анализа в изучении динамики АПК России и её регионов.

Таблица 1 – Сравнительный анализ научных исследований по применению эконометрических методов в экономике АПК [4, 5, 7, 8, 9, 11]

Table 1 – Comparative analysis of research studies on the application of econometric methods in the agro-industrial complex [4, 5, 7, 8, 9, 11]

№	Автор	Год публикации	Основные результаты исследования
1	2	3	4
1	Китаёв Ю.А.	2020	В исследовании проведена оценка роли Центрально-Чернозёмного региона в аграрной экономике России на основе экономико-статистического и корреляционно-регрессионного анализа за 2011–2018 гг. Автор установил, что ЦЧР, занимая лишь 1 % территории страны, обеспечивает 16,3 % производства сельскохозяйственной продукции, а доля АПК в валовом региональном продукте региона достигает 27,6 %. В результате выявлена негативная тенденция замедления темпов роста производства, описанная линейным уравнением тренда ($y = -3,49x + 131,8$). Методологически работа ограничена описательной статистикой и линейной регрессией без применения диагностических тестов на автокорреляцию, гетероскедастичность или стационарность рядов.
2	Клычова Г.С., Цыпин А.П. и Валиев А.Р.	2021	В статье исследовано пространственно-временное развитие сельского хозяйства Оренбургской области и 35 муниципальных образований за 1991–2019 гг., а для панельного моделирования — за 2000–2019 гг. Авторы использовали дескриптивный анализ, трендовые модели прогноза отдельных показателей и регрессии на панельных данных, сопоставляя сквозную модель, FE- и RE-спецификации. В качестве факторов объема сельхозпродукции рассмотрены посевные площади и поголовье КРС. По тестам Вальда, Бройша–Пагана и Хаусмана выбрана статистически значимая модель с фиксированными эффектами. В результате авторами выявлено положительное влияние посевных площадей, отрицательная связь с сокращением поголовья КРС и наличие латентных территориальных факторов.

1	2	3	4
3	Медведева Н.А., Белозерова С.В.	2022	В работе рассматривается развитие аграрного сектора Вологодской области на примере молочного скотоводства и финансовых результатов сельскохозяйственных предприятий. Авторы исследовали региональные данные за 2005–2020 гг., применив корреляционно-регрессионный анализ, аналитические группировки и трендовые модели экстраполяции. В результате авторами выявлено, что на валовой надой наибольшее влияние оказывают продуктивность коров, поголовье коров и фондооснащенность, а на прибыль от реализации молока — прежде всего валовой надой и ценовые показатели. Для прогнозирования использованы линейные и параболические тренды с оценкой автокорреляции и статистики Дарбина–Уотсона. Работа ориентирована преимущественно на факторный анализ и краткосрочный прогноз
4	Мнацаканян А.Г., Харин А.Г.	2025	В статье разработана эконометрическая модель среднедушевого потребления рыбы и рыбопродуктов в РФ на основе годовых данных за 2011–2022 гг. Авторы исследовали влияние покупательной способности доходов населения, спреда индексов цен на рыбопродукты и продовольствие, а также индекса тарифов на грузоперевозки, применив множественную линейную регрессию с элементами динамического подхода. Авторы пришли к выводу, что наибольшее положительное влияние оказывает покупательная способность, тогда как ценовой фактор и транспортные тарифы воздействуют отрицательно. В результате авторами выявлено высокое качество модели по показателям R^2 , F-критерия, а также по тестам Дарбина–Уотсона и Бройша–Пагана, что подтверждает её пригодность для анализа и прогнозирования спроса.
5	Пахомова Н.А., Акулич О.Е.	2025	В исследовании рассмотрен риск засухи в АПК Челябинской области на основе корреляционно-регрессионного анализа гидрологических показателей. Авторы исследовали связь между месячными осадками и суммарным годовым количеством осадков за 2020–2026 гг., используя годовой объём осадков как целевую переменную, и пришли к выводу, что наибольшее значение для оценки риска имеют осадки в августе, сентябре и феврале, тогда как июнь демонстрирует сильную обратную связь. В результате авторами выявлено, что прогноз на 2026 г. соответствует низкому риску засухи. При этом работа ориентирована преимущественно на климатическое прогнозирование и не включает расширенной эконометрической диагностики модели.
6	Сергеев Л.И., Сергеев Д.Л.	2025	Авторами исследована взаимосвязь вылова водных биоресурсов и ВРП на душу населения по 23 приморским субъектам РФ за 2005–2022 гг. Применены однофакторная линейная регрессия и корреляционный анализ, оценены параметры ежегодной динамики добычи ВБР по каждому региону. Выявлена значительная положительная корреляция (коэффициент 0,85) между выловом и ВРП на душу населения по всем приморским субъектам, а для отдельных регионов (Карелия, Камчатский край) коэффициенты достигали 0,86–0,88. Коэффициент детерминации для регионов с ростом добычи составил 0,745, а для регионов со снижением — лишь 0,345. Полученные регрессионные зависимости могут использоваться для прогнозирования ВРП в регионах с высокими коэффициентами корреляции.

Таким образом, проведённый обзор научной литературы свидетельствует о том, что, несмотря на активное использование эконометрических методов в экономических исследованиях в целом, применительно к агропромышленному комплексу доля работ, сочетающих многофакторное регрессионное

моделирование с подробным диагностическим тестированием (проверка на автокорреляцию, гетероскедастичность, стационарность временных рядов и другие тесты) остаётся ограниченной. Данное обстоятельство частично обусловлено малой статистической базой, представленной в открытом доступе (короткие временные ряды по ряду ключевых ресурсных показателей существенно затрудняют построение статистически устойчивых моделей, пригодных для содержательного анализа и прогнозирования).

Целью данного исследования является построение и верификация эконометрической модели, описывающей зависимость индекса сельскохозяйственного производства от ключевых ресурсных факторов (на примере Калининградской области, на основе статистических данных Росстата России за 2000–2024 годы). Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- 1) разработка спецификации эконометрической модели пригодной для оценки и прогнозирования динамики индекса производства продукции сельского хозяйства, включая обоснование функциональной формы исследуемой зависимости;
- 2) диагностика разработанной спецификации эконометрической модели (тесты на автокорреляцию, гетероскедастичность, стационарность рядов и другие);
- 3) обоснование выводов о характере и степени влияния ключевых ресурсных факторов на динамику индекса производства продукции сельского хозяйства Калининградской области, а также оценка пригодности разработанной модели для решения задач прогнозирования АПК.

Эмпирической базой исследования выступают публичные статистические данные (показатели развития и функционирования агропромышленного комплекса России) предоставляемые Федеральной службой государственной статистики РФ и её платформы ЕМИСС [13, 14]. Наиболее подробно необходимые данные представлены в серии сборников «Сельское хозяйство в России» (консолидированы более шестидесяти показателей).

В рамках данного исследования результирующим показателем является «Индекс производства продукции сельского хозяйства в сопоставимых ценах». Факторные показатели:

- 1) сумма поголовья крупного рогатого скота, свиней, овец и коз;
- 2) объем вносимых минеральных удобрений (в пересчете на 100 % питательных веществ);
- 3) использование свежей воды на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение.

Вышеуказанные факторные показатели отобраны по причине высокой корреляции с результирующим показателем и отсутствием мультиколлинеарности между собой, что было описано в более раннем

исследовании автора [10, с. 434-435]. В результате было представлено уравнение множественной регрессии со следующей спецификацией:

$$IAP_i = \alpha + \beta_1 \times LIV_i + \beta_2 \times FERT_i + \beta_3 \times WTR_i + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где α – свободный член регрессии,

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – парциальные коэффициенты (регрессионные параметры), отражающие влияние соответствующего фактора на индекс сельскохозяйственного производства,

IAP_i (Index of Agricultural Production) – индекс сельскохозяйственного производства в сопоставимых ценах (зависимая переменная);

LIV_i (Livestock) – общая численность крупного рогатого скота, свиней, овец и коз (в тыс. голов);

$FERT_i$ (Fertilizer) – количество вносимых удобрений на 1 га сельскохозяйственных культур (в кг);

WTR_i (Water) – объём свежей воды, используемой для орошения и водоснабжения в сельском хозяйстве (в млн м³).

ε_i – случайная ошибка (остаточный член), учитывающая влияние неучтённых факторов и возможные погрешности измерения.

Итоговый вид представленного ранее уравнения (с учетом рассчитанных коэффициентов регрессии):

$$IAP_i = 34,5 + 0,15 \times LIV_i + 0,38 \times FERT_i + 95 \times WTR_i + \varepsilon_i. \quad (2)$$

Однако по состоянию на середину 2026 года в статистических данных Росстата в сборниках «Сельское хозяйство в России» представлены как обновленные данные включающие 2024 год, так и частичный пересмотр ретроспективных данных. В результате выше представленное линейное уравнение потеряло статистическую значимость (F-критерий снизился с 258 до 161, для факторов вносимых удобрений и использования воды расчетный критерий Стьюдента ниже табличного, р-критерий выше 0,05, границы доверительного интервала имеют разный знак). Следовательно, спецификация уравнения множественной регрессии нуждается в пересмотре.

Отметим, что методология проведения эконометрических исследований, применённая в данной работе изложена во множестве учебных изданий, например за авторством Тимофеева В. С., Фаддеевкова А. В. и Щеколдина В. Ю. [1].

Обновленные исходные статистические данные представлены в таблице 2 [13, 14].

Исходные данные представленные в таблице 2 позволяют отметить следующее:

1) базисный индекс производства продукции сельского хозяйства претерпел наиболее значительный рост в 2008-2009 годах, увеличившись с 97,55 п. (в 2007 году), до 128,44 п., указанный значимый сдвиг свидетельствует о необходимости введения в спецификацию эконометрического уравнения дамми-переменной (оператора структурного изменения);

2) показатели LIV_i и $FERT_i$ не претерпели значимых изменений и линейно увеличиваются в течении большей части исследуемого периода и как следствие, не нуждаются в дополнительной корректировке спецификации;

3) показатель WTR_i демонстрирует U-образную динамику, в рамках которой наблюдается значительно сокращение с 6,3 млн. куб. м. в 2000 году, до 0,86 млн. куб. м. в 2010 году, с последующей стагнацией и ростом выше 1,2 млн. куб. м. в период 2022-2024 годы.

Таблица 2 – Динамика исследуемых показателей сельскохозяйственного производства Калининградской области за 2000–2024 годы

Table 2 – Dynamics of the studied indicators of agricultural production in the Kaliningrad region for 2000-2024

Год	Базисный индекс производства продукции сельского хозяйства, сопоставимые цены, в % к предыдущему периоду (IAP_i)	Сумма поголовья крупного рогатого скота, свиней, овец и коз (на конец года), тысячи голов (LIV_i)	Минеральные удобрения (в пересчете на 100% питательных веществ), кг ($FERT_i$)	Использование свежей воды на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение, млн. куб. м. (WTR_i)
2000	105,40	251,20	42,50	6,30
2001	97,92	243,70	48,80	5,70
2002	98,50	236,40	50,50	5,70
2003	99,98	206,10	53,80	4,90
2004	103,38	181,20	66,30	3,80
2005	103,90	176,30	83,20	3,20
2006	101,20	181,70	86,00	2,50
2007	97,55	163,20	104,50	2,20
2008	116,87	171,60	117,60	1,60
2009	128,44	200,70	121,90	1,40
2010	128,57	234,40	133,10	0,86
2011	128,70	278,80	145,40	0,90
2012	135,52	301,10	134,10	0,90
2013	140,94	316,40	129,30	1,00
2014	155,31	328,30	118,40	0,70
2015	171,00	360,14	102,00	0,80
2016	162,28	394,28	106,90	0,80
2017	163,90	434,80	117,70	0,70
2018	180,29	430,68	121,40	0,72
2019	206,25	515,98	163,10	0,74
2020	225,23	544,58	151,20	0,80
2021	224,55	584,30	156,90	0,90
2022	228,82	547,54	127,41	1,20
2023	236,14	570,00	119,40	1,60
2024	254,09	577,24	159,86	1,40

В результате, в ходе тестирования различных спецификаций эконометрических моделей (степенных, квадратических, логарифмических) был принят ряд решений:

- 1) ввести дамми-переменную ($D2008$) с нулевым значением за период 2000-2007 годы и единичным за период 2008-2024 годы;
- 2) произвести логарифмирование показателей IAP_i , LIV_i , $FERT_i$;
- 3) произвести центрирование показателя WTR_i (вычитание из каждого значения среднего по всему ряду динамики) и ввести фактор WC_{WTR} , дополнительно ввести квадрат указанного фактора - WC_{WTR}^2 .

В результате было получено уравнение множественной регрессии со следующей спецификацией:

$$\begin{aligned} \ln(IAP_i) = & \alpha + \beta_1 \times \ln(LIV_i) + \beta_2 \times \ln(FERT_i) + \beta_3 \times WC_{WTR} + \beta_4 \times \\ & \times WC_{WTR}^2 + \beta_5 \times D2008 + \varepsilon_i, \end{aligned} \quad (3)$$

где: α – свободный член регрессии,

$\ln(IAP_i)$, $\ln(LIV_i)$, $\ln(FERT_i)$ – логарифмы соответствующих показателей,
 WC_{WTR} , WC_{WTR}^2 – центрированное значение WTR_i и его квадратичная форма,
 $D2008$ – дамми-переменная.

В связи с изменением спецификации регрессионной модели, необходимо произвести диагностику её значимости. Используемые в данном исследовании критерии представлены в таблице 3 (за исключением стандартных показателей таких как коэффициенты корреляции и детерминации, критерии Фишера, Стьюдента и другие).

Таблица 3 - Ключевые эконометрические показатели и диагностические критерии, использованные в исследовании

Table 3 - Key econometric indicators and diagnostic criteria used in the study

№	Показатель / критерий	Эконометрическое содержание	Практическая интерпретация для исследования динамики АПК
1	2	3	4
1	Критерий Акаике (AIC)	Информационный критерий, оценивающий качество модели с поправкой на число оцениваемых параметров (меньшее значение соответствует предпочтительной спецификации)	При выборе между линейной моделью и логарифмической позволяет принять методологически обоснованное решение. Спецификация должна не только лучше описывать данные, но и оправдывать введение дополнительного параметра
2	Критерий Дарбина–Уотсона (DW)	Тест на наличие автокорреляции первого порядка в остатках регрессии	Аграрное производство характеризуется выраженными межгодовыми зависимостями (технологические циклы, постепенное накопление поголовья и другие). Тест выявляет, остаются ли подобные зависимости необъяснёнными после оценки модели
3	Фактор инфляции дисперсии (VIF)	Мера степени линейной зависимости между регрессорами (значения выше 10 свидетельствуют о высокой мультиколлинеарности)	В сельском хозяйстве ресурсные факторы часто движутся согласованно (например, орошаемые площади, как правило, обеспечиваются и повышенными объемами внесения удобрений). Критерий позволяет убедиться, что вклад каждого фактора оценён независимо, а коэффициенты поддаются содержательной интерпретации

1	2	3	4
4	Тест Бройша–Пагана (BP)	Проверка гипотезы о постоянстве дисперсии ошибок (гомоскедастичности), отклонение (выше критического) указывает на гетероскедастичность	Вариативность аграрного производства существенно менялась на протяжении 2000–2024 годов (высокая волатильность в период структурных преобразований сменялась относительной стабильностью). Тест проверяет, не нарушает ли эта неоднородность условия корректного статистического вывода
5	Коэффициент асимметрии	Характеристика отклонения распределения остатков от симметричного, ненулевые значения указывают на систематический сдвиг	Систематическая асимметрия остатков может свидетельствовать о том, что модель устойчиво занижает или завышает производственный результат в определённые периоды (например, в периоды засух)
6	Экссесс	Мера «тяжести хвостов» распределения остатков относительно нормального распределения	Совместно с коэффициентом асимметрии характеризует нормальность остатков. Высокий эксцесс может указывать на наличие отдельных аномальных лет, непропорционально влияющих на результаты оценки
7	Стандартизованные остатки	Остатки регрессии, выраженные в единицах стандартного отклонения (значения, отклоняющиеся более чем на 3, рассматриваются как потенциальные выбросы)	Позволяют идентифицировать годы, в которые фактический уровень сельскохозяйственного производства существенно отклонялся от расчётного (аномальные климатические события, ценовые шоки на рынке ресурсов и другие)
8	Тест Рамсея	Проверка корректности функциональной формы модели путём добавления степенных функций от прогнозных значений, значимость добавленных членов свидетельствует о неверной спецификации	Отвергает нулевую гипотезу о корректной линейной спецификации, эмпирически обосновывая переход к не линейной форме влияния водопотребления на индекс сельскохозяйственного производства
9	Расширенный тест Дики–Фуллера (ADF)	Проверка гипотезы о наличии единичного корня в временном ряду, отклонение гипотезы свидетельствует о стационарности	Индекс сельскохозяйственного производства за 2000–2024 годы демонстрирует выраженный восходящий тренд. Тест позволяет установить, является ли этот тренд статистически устойчивой закономерностью или случайным накоплением отклонений, что принципиально для выбора корректного метода оценки
10	ADF-тест по остаткам регрессии (тест Энгла–Грэнджера)	Проверка стационарности остатков совместной регрессии как косвенный тест на коинтеграцию включённых переменных	Подтверждает, что долгосрочная взаимосвязь между ресурсными факторами и динамикой аграрного производства является содержательной экономической закономерностью, а не статистической аномалией

Для оценки статистической значимости итоговой логарифмической модели были рассчитаны основные показатели качества регрессии и проведён комплекс диагностических тестов, представленных в таблице 4. Полученные результаты позволяют оценить статистическую устойчивость модели, её спецификацию и возможность практического применения для решения задач прогнозирования динамики АПК.

Таблица 4 - Результаты оценки итоговой логарифмической модели множественной регрессии

Table 4 - Evaluation results of the final logarithmic multiple regression model

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-критерий (табл. знач. 2,1)	p-значение
Константа	0,89	0,46	1,92	0,07
$Ln(LIV_i)$	0,63	0,04	15,32	0,00
$Ln(FERT_i)$	0,09	0,11	0,89	0,38
WC_{WTR_i}	0,09	0,03	2,97	0,01
$WC_{WTR_i}^2$	-0,03	0,01	-4,04	0,00
$D2008$	0,20	0,07	2,61	0,02
Сводные показатели модели				
Показатель			Значение	
Коэффициент детерминации (R^2)			0,97	
Нормированный коэффициент детерминации (R^2)			0,966	
F-критерий Фишера			138,9	
p-value F			2,80E-14	
Тест Дарбина–Уотсона (DW)			1,75	
Критерий Акаике (AIC)			-136	
Число наблюдений			25	

Согласно расчётным данным, представленным в таблице 4, итоговая логарифмическая модель обладает высокой статистической значимостью и объясняет основную часть вариации результирующего показателя. Коэффициент детерминации свидетельствует о высокой точности аппроксимации, а F-критерий подтверждает общую значимость уравнения.

Отрицательное значение t-критерия при квадратичном члене фактора водопользования отражает статистически значимый отрицательный коэффициент при квадратичной переменной и указывает на наличие нелинейного эффекта. Влияние указанного фактора на индекс сельскохозяйственного производства изменяется по мере роста объёма, а предельная отдача является неодинаковой на различных уровнях водопотребления.

Поскольку расчётное значение t-критерия для переменной $Ln(FERT_i)$ оказалось ниже табличного, а p-значение превышает уровень статистической значимости 0,05, целесообразно дополнительно сравнить итоговую спецификацию с альтернативной моделью, исключаящей указанную переменную. Результаты сопоставления представлены в таблице 5.

Согласно данным, представленным в таблице 5, исключение переменной $Ln(FERT_i)$ практически не изменяет статистические параметры модели и не приводит к существенному улучшению её качества. При этом показатель внесения минеральных удобрений продолжает сохранять важное экономическое значение для развития агропромышленного комплекса региона, отражая общий процесс химизации сельскохозяйственного производства. Учитывая это, а также его содержательную значимость, данная переменная была оставлена в итоговой

спецификации модели, несмотря на некоторое снижение статистической значимости.

Таблица 5 - Сравнение итоговой логарифмической модели с альтернативной спецификацией без переменной $Ln(FERT_i)$

Table 5 – Comparison of the final logarithmic model with an alternative specification excluding the $Ln(FERT_i)$ variable

Показатель	Включая переменную $FERT_i$	Не включая переменную $FERT_i$
Нормированный R^2	0,966	0,967
F	139	175
DW	1,75	1,69
AIC	-136	-135

В таблице 6 представлены результаты диагностики итоговой логарифмической модели.

Таблица 6 - Результаты диагностики итоговой логарифмической модели

Table 6 – Diagnostic results of the final logarithmic model

Тест/критерий	Факт. значение	Вывод
Критерий Дарбина-Уотсона	1,75	Выраженной автокорреляции нет
Тест Бройша-Пагана	9,75	Гетероскедастичность не выявлена (расчётное значение должно быть меньше критического (11,07))
Коэффициент асимметрии	-0,25	Распределение остатков близко к нормальному
Эксцесс	-0,8	
Стандартизованные остатки (модуль крит. значения должен быть менее 3)	max значение менее 3	Аномальные «выбросы» отсутствуют
Тест Рамсея	$F^* = 13,03$; $P^{**} = 0,002$	Имеются признаки неполной спецификации
ADF-тест по остаткам	$T^{***} = -4,1667$; $p = 0,000748$	Ложная регрессия не выявлена

* F-статистика – расчетное значение критерия Фишера;

** p-значение – вероятность получить наблюдаемый результат при условии справедливости нулевой гипотезы (при $p < 0,05$ нулевая гипотеза отвергается);

*** T-статистика – расчетное значение тестовой статистики (в данном случае расширенного теста Дики-Фуллера) используемое для проверки наличия единичного корня во временном ряду.

Согласно данным, представленным в таблице 6, итоговая эконометрическая модель демонстрирует статистическую устойчивость и приемлемое качество спецификации. Проверка по критерию Дарбина–Уотсона не выявила выраженной автокорреляции (при 25 наблюдениях и 5 факторах, на уровне значимости 5 % нижняя граница критерия примерно равна 0,95, верхняя 1,89, расчетное значение близко к верхней границе, что при p-значении (для всей модели) менее 0,05 не свидетельствует о наличии существенной автокорреляции остатков), тест Бройша–Пагана не подтвердил наличие гетероскедастичности, а анализ

стандартизованных остатков показал отсутствие наблюдений, превышающих критическое значение по модулю, существенные выбросы отсутствуют.

Неоднозначные результаты теста Рамсея, скорее всего, связаны с дополнительной нелинейностью по другим факторам (например, эффектом масштаба в животноводстве) либо с циклическими колебаниями, которые дамми-переменная $D2008$ сняла не полностью. ADF-тест остатков показал их стационарность, что свидетельствует об отсутствии ложной регрессии и подтверждает устойчивость долгосрочной связи между исследуемыми показателями. Следовательно, итоговая логарифмическая модель является пригодной для дальнейшего анализа и прогнозных расчётов.

Дополнительно в таблице 7 представлена проверка переменных на стационарность и мультиколлинеарность.

Таблица 7 – Результаты проверки переменных на стационарность и мультиколлинеарность

Table 7 – Results of stationarity and multicollinearity testing of model variables

Стационарность рядов			
Переменная	р-значение ADF-теста (уровень ряда)	р-значение ADF-теста (первая разность)	Результат для ряда
$Ln(IAP_i)$	0,123	0,363	нестационарен
$Ln(LIV_i)$	0,263	0,656	нестационарен
$Ln(FERT_i)$	0,0065	—	стационарен
WC_{WTR_i}	0,94	0,04	I(1)* - временной ряд нестационарен в исходном уровне, но приобретает стационарность после взятия первой разности
$WC_{WTR_i}^2$	0,013	—	стационарен
Мультиколлинеарность			
Фактор	VIF, расчетный	Норматив	
$Ln(LIV_i)$	2,2	VIF-значения до 5 считаются низкими, от 5 до 10 — умеренными, свыше 10 — повышенными и требующими содержательной оценки	
$Ln(FERT_i)$	12		
WC_{WTR_i}	22		
$WC_{WTR_i}^2$	9		
$D2008$	8,6		

* I(d) – порядок интеграции временного ряда (I – Integrated). Обозначение I(0) соответствует стационарному временному ряду, I(1) – ряду, который становится стационарным после взятия первой разности.

Согласно данным, представленным в таблице 7, ADF-тест показал смешанную структуру временных рядов (часть переменных является стационарной в уровнях, часть - после взятия первой разности). Анализ факторов инфляции дисперсии показал неоднородную степень мультиколлинеарности. Низкое значение VIF (фактор инфляции дисперсии) по переменной $Ln(LIV_i)$ свидетельствует об отсутствии существенной линейной зависимости с другими

факторами. Повышенные значения по удобрениям и водопользованию объясняются включением взаимосвязанных ресурсных показателей и квадратичного члена. В целом мультиколлинеарность является допустимой и не препятствует интерпретации коэффициентов модели.

Дополнительно отметим, что несмотря на наличие долгосрочной тенденции роста объёмов внесения минеральных удобрений, результаты расширенного теста Дики–Фуллера с константой и трендом свидетельствуют об отсутствии единичного корня в соответствующем логарифмированном ряду. Следовательно, динамика показателя может рассматриваться как стационарная относительно детерминированного тренда.

Для визуальной верификации на рисунке 1 представлена динамика остатков предложенной логарифмической модели множественной регрессии.

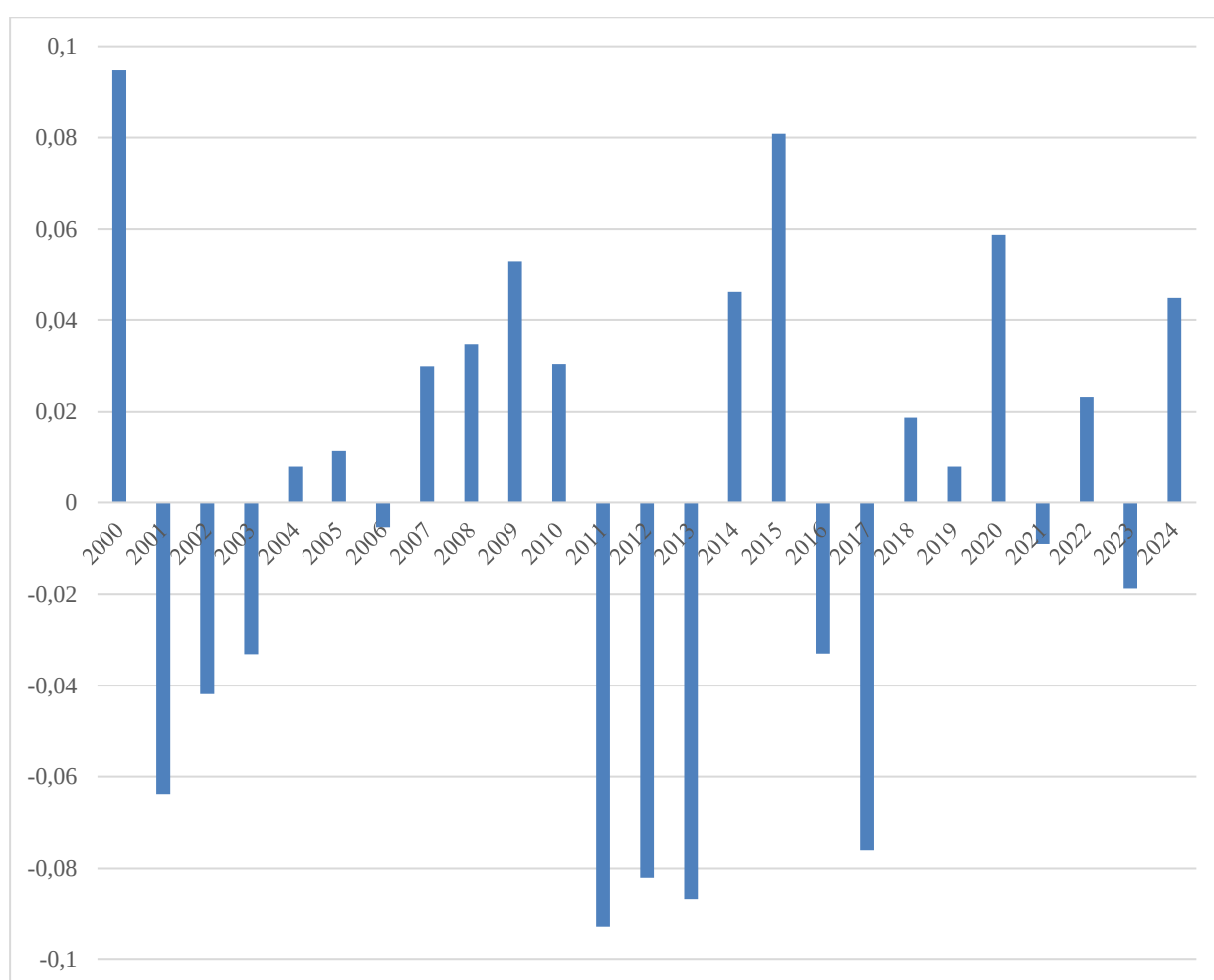


Рисунок 1 - Динамика остатков итоговой логарифмической модели множественной регрессии за 2000–2024 годы

Figure 1 - Residual dynamics of the final logarithmic multiple regression model for 2000–2024

Данные рисунка 1 позволяют отметить, что не смотря на логарифмическую спецификацию регрессионной модели, визуальный анализ остатков

свидетельствует о частичном сохранении циклической компоненты, что тем не менее типично для динамики АПК.

На рисунке 2 представлена диаграмма рассеяния «остатки-расчётные значения» для предложенной модели.

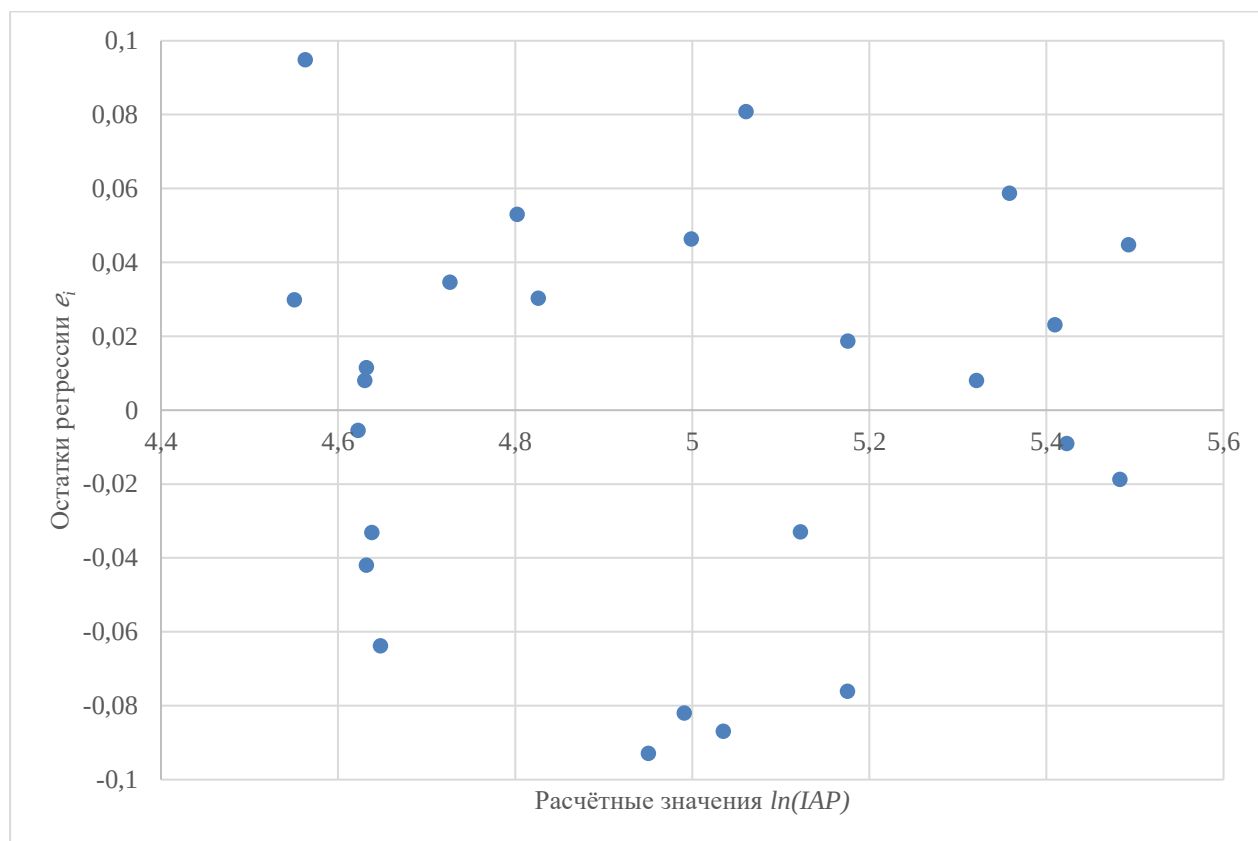


Рисунок 2 – Диаграмма рассеяния остатков относительно расчётных значений логарифмической модели множественной регрессии

Figure 2 – Scatter plot of residuals versus fitted values for the logarithmic multiple regression model

На рисунке 2 представлена диаграмма рассеяния остатков относительно расчётных значений модели. Отсутствие выраженного тренда, воронкообразной формы и иных систематических закономерностей свидетельствует о приемлемом качестве спецификации модели и отсутствии признаков существенной гетероскедастичности.

На рисунке 3 представлена сравнительная динамика расчётного и фактического значения индекса производства продукции сельского хозяйства.

Согласно данным, представленным на рисунке 3, разработанная логарифмическая модель множественной регрессии обеспечивает высокую точность воспроизведения фактической динамики индекса сельскохозяйственного производства. Средняя ошибка аппроксимации, равная 4,36 %, свидетельствует о хорошем качестве модели и подтверждает возможность её использования для прогнозных расчётов.

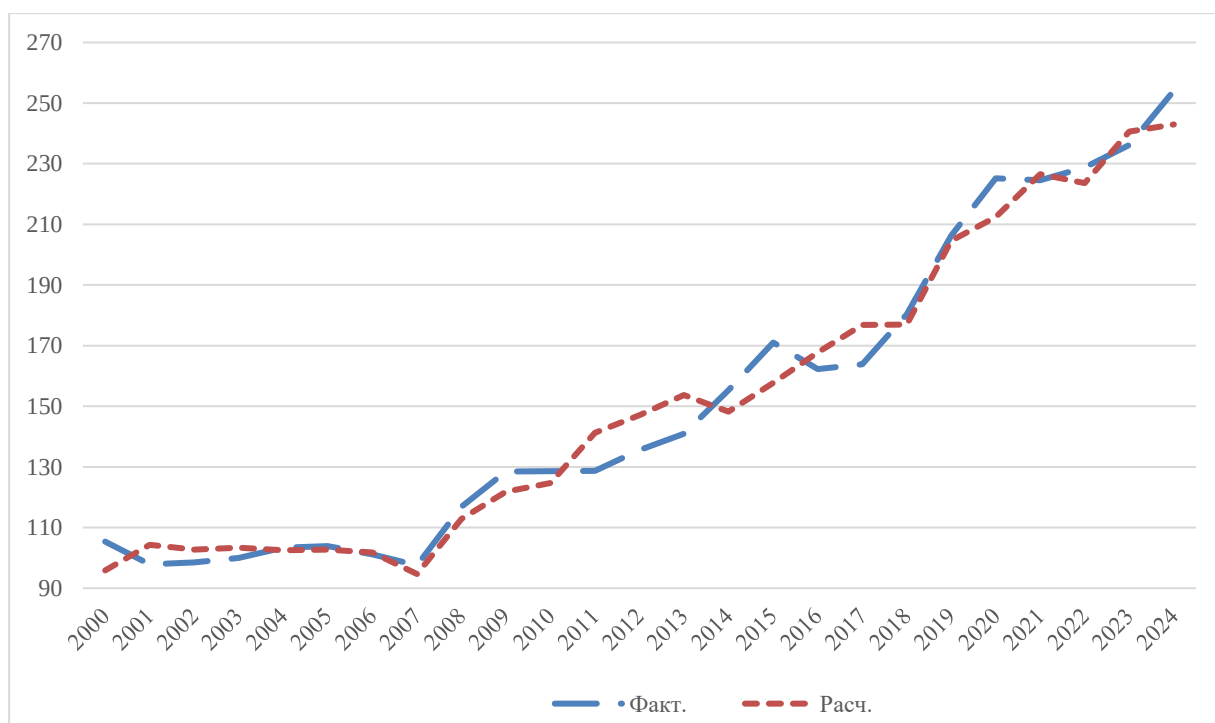


Рисунок 3 - Сравнительная динамика расчётного и фактического значения индекса производства продукции сельского хозяйства (сопоставимые цены, в % к предыдущему периоду), за период 2000-2024 годы

Figure 3 - Comparative dynamics of actual and estimated values of the agricultural production index (constant prices, % relative to the previous period) for 2000–2024

Результаты исследования позволяют сформулировать ряд выводов.

1. Результаты эконометрического моделирования свидетельствуют о том, что включённые в модель показатели обладают высокой объясняющей способностью в отношении динамики индекса сельскохозяйственного производства Калининградской области в 2000–2024 гг.

2. Актуализация статистической базы показала, что первоначальная линейная спецификация уже не в полной мере соответствовала реальному характеру зависимостей. В первую очередь это касается фактора водопользования, влияние которого носит явно нелинейный характер.

3. Построенная логарифмическая модель, включающая квадратичный член по переменной WTR_i и дамми-переменную структурного сдвига, обеспечивает более устойчивое описание динамики сельскохозяйственного производства и отличается высокой точностью аппроксимации.

Таким образом, в рамках настоящего исследования авторская модель зависимости индекса производства продукции сельского хозяйства Калининградской области от ключевых ресурсных показателей была обновлена. На основе пересмотренных данных Росстата удалось обосновать переход от линейной к логарифмической спецификации, которая учитывает нелинейный эффект водопользования и структурные изменения в АПК после 2008 года.

Результаты работы показали, что обновление статистической информации позволило точнее определить характер взаимосвязей между показателями и перейти к более адекватной модели. Полученные выводы подтверждают наличие устойчивой долгосрочной зависимости и свидетельствуют о возможности практического применения разработанной модели при дальнейшем анализе и прогнозировании развития агропромышленного комплекса Калининградской области.

Список источников

1. Эконометрика : учебник для вузов / В. С. Тимофеев, А. В. Фадденков, В. Ю. Щеколдин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 277 с.
2. Акимов Е. Б. Об особенностях применения логистических кривых в товарном рыбоводстве // Вопросы рыболовства. 2025. Т. 26. № 2. С. 191–196.
3. Исхаков А. Т., Гатина Ф. Ф. Факторный анализ развития молочного скотоводства регионов России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (66). С. 137–144.
4. Китаёв Ю. А. Роль Центрально-Черноземного региона в аграрной экономике России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (60). С. 108–112.
5. Клычова Г. С., Цыпин А. П., Валиев А. Р. Статистическое исследование пространственно-временного развития сельского хозяйства на мезоуровне // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (64). С. 105–114.
6. Кузин В. И., Харин А. Г. Метод оценки уровня обеспеченности населения регионов РФ продукцией рыбного хозяйства в контексте устойчивой продовольственной безопасности // Балтийский экономический журнал. 2026. № 1(53). С. 28–45.
7. Медведева Н. А., Белозерова С. В. Оценка развития аграрного сектора региона: статистический аспект // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (70). С. 139–145.
8. Мнацаканян А. Г., Харин А. Г. Моделирование уровня потребления рыбы и рыбопродуктов в Российской Федерации // Труды ВНИРО. 2025. Т. 200. С. 196–205.
9. Пахомова Н. А., Акулич О. Е. Корреляционно-регрессионный анализ риска засухи (на примере АПК Челябинской области) // Научный вестник Южно-Уральского ГАУ. 2025. №3. С. 1–6.
10. Самсонов А. В. Совершенствование инструментария прогнозирования развития АПК: комбинация рекуррентных нейронных сетей и множественной регрессии для регионально-отраслевого анализа // Russian Economic Bulletin. 2025. №3. С. 428–443.

11. Сергеев Л. И., Сергеев Д. Л. Приморские субъекты Российской Федерации (РФ) в зеркале валового регионального продукта (ВРП) и вылова водных биоресурсов // Вопросы рыболовства. 2025. Т. 26. № 1. С. 159–176.

12. Сергеев Л. И., Сергеев Д. Л., Шендерюк-Жидков А. В. Цифровые проблемы развития агропромышленного комплекса России // Балтийский экономический журнал. 2025. № 3(51). С. 53–73.

13. Официальный сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС). - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/>

14. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>

References

1. Econometrics: a textbook for universities / V. S. Timofeev, A. V. Faddenkov, V. Yu. Shchekoldin. – 2nd ed., revised. and add. – Moscow : Yurayt Publishing House, 2025. – 277 p.

2. Akimov E. B. On the specifics of the application of logistic curves in commercial fish farming // Questions of fisheries. 2025. Vol. 26. No. 2. pp. 191-196.

3. Iskhakov A. T., Gatina F. F. Factor analysis of the development of dairy cattle breeding in the regions of Russia // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2022. No. 2 (66). pp. 137-144.

4. Kitaev Yu. A. The role of the Central Chernozem region in the agrarian economy of Russia // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2020. No. 4 (60). pp. 108-112.

5. Klychova G. S., Tsypin A. P., Valiev A. R. Statistical study of spatial and temporal development of agriculture at the meso-level // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2021. No. 4 (64). pp. 105-114.

6. Kuzin V. I., Kharin A. G. Method of assessing the level of provision of the population of the regions of the Russian Federation with fishery products in the context of sustainable food security // Baltic Economic Journal. 2026. No. 1(53). pp. 28-45.

7. Medvedeva N. A., Belozerova S. V. Assessment of the development of the agricultural sector in the region: statistical aspect // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2022. No. 3 (70). pp. 139-145.

8. Mnatsakanyan A. G., Kharin A. G. Modeling the level of consumption of fish and fish products in the Russian Federation // Proceedings of VNIRO. 2025. Vol. 200. pp. 196-205.

9. Pakhomova N. A., Akulich O. E. Correlation and regression analysis of drought risk (on the example of the agro-industrial complex of the Chelyabinsk region) // Scientific Bulletin of the South Ural State Agrarian University. 2025. №3. pp. 1-6.

10. Samsonov A. V. Improving tools for predicting the development of agriculture: a combination of recurrent neural networks and multiple regression for regional and sectoral analysis // Russian Economic Bulletin. 2025. No. 3. pp. 428-443.

11. Sergeev L. I., Sergeev D. L. The Primorsky subjects of the Russian Federation (RF) in the mirror of the gross regional product (GRP) and catch of aquatic biological resources // Questions of fisheries. 2025. Vol. 26. No. 1. pp. 159-176.

12. Sergeev L. I., Sergeev D. L., Shenderyuk-Zhidkov A. V. Digital problems of the development of the agro-industrial complex of Russia // Baltic Economic Journal. 2025. № 3(51). pp. 53-73.

13. Official website of the Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS). - [Electronic resource] – Access mode: <https://www.fedstat.ru/>

14. The official website of the Federal State Statistics Service. - [Electronic resource] – Access mode: <https://rosstat.gov.ru>

Информация об авторе

А. В. Самсонов – ассистент кафедры Экономической теории и инструментальных методов ИНОТЭКУ ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

Information about the author

A. V. Samsonov – Assistant at the Department of Economic Theory and Instrumental Methods, INOTEKU, Kaliningrad State Technical University

Статья поступила в редакцию 23.06.2026; одобрена после рецензирования 17.08.2026; принята к публикации 28.08.2026.

The article was submitted 23.06.2026; approved after reviewing 17.08.2026; accepted for publication 28.08.2026.