

Территория: факты, оценки, перспективы

Научная статья

УДК: 332.1

DOI: 10.32324/2412-8945-2023-2-72-81

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СФЕРЫ ЖИВОТНОВОДСТВА И РАСТЕНИЕВОДСТВА В РЕГИОНЕ

Татьяна Андреевна Игнашева<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Российская Федерация, samofeeva@mail.ru

<sup>2</sup> Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Российская Федерация

**Аннотация.** Экономический рост в регионах существенно определяется развитием сельского хозяйства, обеспечивающего удовлетворение потребностей населения в продуктах питания. Моделирование развития сфер животноводства и растениеводства позволяет выявить факторы, влияющие на функционирование отраслей сельского хозяйства, в том числе зависимость территории от экспорта продовольствия, определить их количественное влияние на увеличение поголовья скота и валового сбора сельскохозяйственных культур, что обуславливает актуальность выбранной темы исследования. Проведение предварительной классификации районов Республики Марий Эл позволило построить модели развития сферы животноводства и растениеводства для качественно однородных по уровню экономического развития групп территорий, отражающие основные факторы, воздействуя на которые, можно повысить продуктивность развития сельского хозяйства в отдельных группах районов и, как следствие, в республике в целом. Предложенное исследование может иметь практическую значимость в деятельности аналитических служб при составлении программ экономического развития Республики Марий Эл.

**Ключевые слова:** животноводство, растениеводство, поголовье скота, валовый сбор сельскохозяйственных культур, классификационные группы, районы, модели регрессии

**Для цитирования:** Игнашева Т. А. Моделирование сферы животноводства и растениеводства в регионе // Развитие территорий. 2023. № 2. С. 72—81. DOI: 10.32324/2412-8945-2023-2-72-81.

Territory: facts, assessment, prospects

Original article

## MODELING OF LIVESTOCK AND CROP PRODUCTION IN THE REGION

Tatyana A. Ignasheva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation, samofeeva@mail.ru

<sup>2</sup> Volga Region State Technological University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

**Abstract.** Economic growth in the regions is substantially determined by the development of agriculture, which ensures the satisfaction of the population's needs for foodstuffs. Modeling of the development of animal husbandry and plant growing allows to reveal the factors influencing the functioning of agricultural branches, including the dependence of the territory on food export, to determine their quantitative influence on the increase in the number of cattle and gross harvest of crops, which determines the relevance of the chosen topic of the research. The preliminary classification of the districts of the Republic of Mari El has allowed to build models of development of animal husbandry and crop production for qualitatively homogeneous groups of territories by the level of economic development, reflecting the main factors, influencing on which it is possible to increase the productivity of agricultural development in certain groups of districts and, as a consequence, in the republic as a whole. The proposed study can be of practical importance in the activities of analytical services when drawing up programs of economic development of the Republic of Mari El.

**Keywords:** livestock production, crop production, livestock, gross collection of crops, classification groups, districts, regression models

**For citation:** Ignasheva T.A. Modeling of livestock and crop production in the region. *Territory Development*. 2023;(2):72—81. (In Russ.). DOI: 10.32324/2412-8945-2023-2-72-81.

### Введение

Республика Марий Эл относится к регионам с развитым сельскохозяйственным комплексом. В регионе представлены отрасли мясного и молочно-животноводства, широкий спектр растениеводческих культур, что в значительной степени определяет его экономическое благополучие. Применение статистических методов к планированию развития сельского хозяйства позволит определить факторы, в наибольшей степени определя-

ющие продуктивность поголовья стада и валовой сбор сельскохозяйственных культур.

Исследованию деятельности отраслей сельского хозяйства посвящено большое количество трудов отечественных и зарубежных авторов. Так, в статье В. В. Акиндинова, А. С. Лосевой, С. И. Киловой [1] представлены результаты анализа статистических данных устойчивости экономического развития субъектов Центрального федерального округа (ЦФО) по отрасли сельского хозяйства. Методика оценки развития экономических показателей отрасли сельского хозяйства ЦФО бази-

рутся на расчетах эконометрического исследования и моделирования. Работы М. Е. Анохиной [2; 3] посвящены моделированию стратегии управления экономическим ростом сельского хозяйства России на основе использования когнитивных технологий, определяют основные ограничения развития аграрной экономики, обусловленные неэффективностью управленческих воздействий на процессы экономической динамики сельского хозяйства. В исследовании М. А. Брызгалиной, Т. В. Брызгалина, А. А. Лексиной [4] представлена разработка методического подхода к прогнозированию ключевых производственно-финансовых показателей функционирования отраслей сельского хозяйства Российской Федерации с учетом влияния отдельных элементов затрат на производство аграрной продукции, использован метод экстраполяции трендов для простейшего прогноза исследуемых показателей, предложен авторский подход к прогнозированию производственно-финансовых результатов функционирования отраслей сельского хозяйства.

Широкий диапазон эконометрических методов к исследованию деятельности сельскохозяйственных отраслей в субъектах Российской Федерации применен в трудах А. Н. Герасимова, Ю. С. Скрипниченко, В. Ю. Скрипниченко [5], Т. А. Игнашевой [6]. Работа Н. Ю. Козловой [7] посвящена анализу условий содержания племенных пород коров с высоким генетическим и продуктивным потенциалом. В статье М. В. Косолаповой, В. А. Свободина [8] рассматриваются вопросы разработки аналитических моделей процесса агротенсификации, отражающие идеологию системно-воспроизводственной методологии; сельское хозяйство рассматривается как объект, который складывается из ряда подсистем — функциональных и организационно-экономической.

Основные исторические эпохи развития отрасли животноводства и растениеводства в России, анализ современных достижений научных направлений и перспектив их развития представлены в исследовании Ю. В. Мазевой [9]. Р. А. Мамедова в своем труде [10] приводит соответствующую структурно-функциональную модель, учитывающую различные уровни принятия решения, нормативно-правовые документы, системные продукты и программно-аппаратные средства, блок-схему проекта и структуру автоматизированных рабочих мест главных специалистов цифровой молочной фермы. В статье Ш. С. Саидахмадовой [11] проведен анализ теоретических основ развития животноводства, его классификация. Л. Ф. Ситдикова [12] представляет комплексное изучение современных проблем и тенденций производства продукции отдельных отраслей животноводства, дает характеристику современному уровню обеспечения населения и смежных отраслей сельского хозяйства продукцией животноводства, выдвигает предложения по мерам регулирования сбалансированности достижения целевых показателей самообеспечения продовольствием и эффективностью организации аграрного бизнеса, позволя-

ющие обеспечить укрепление аграрной экономики в современных условиях.

Работа М. Г. Тиндовой [13] посвящена изучению основных параметров животноводства в Саратовской области на основе анализа временных рядов. Результатом практического применения проведенного автором анализа являются представленные в работе модели развития животноводства, основанные на аддитивных тренд-сезонных моделях (для поголовья крупного рогатого скота и свиней), а также на ARIMA-моделях для поголовья овец и коз. Кроме того, построены прогнозы развития животноводства в Саратовской области на ближайшие три года. В статье Г. Н. Чистяковой, Г. М. Салыкбаевой, С. М. Досмахова, Л. Т. Кожакметовой, А. О. Кулмаганбетовой [14] рассмотрены особенности развития и размещения растениеводства Северо-Казахстанской области, являющейся основной ключевой отраслью сельскохозяйственного кластера региона и основой обеспечения продовольственной безопасности населения.

Также интересен зарубежный опыт. Анализ значения сельского хозяйства и животноводства для бразильской экономики, их удельный вес в ВВП, экспортируемых товарах, а также направления стимулирования бразильской экономики представлен в исследовании Филипа Оливейра (Felipe Oliveira De. М. С.) [15]. В трудах А. Казамбаевой, Л. Гаршиловой, Ю. Жангалиевой. [16] произведен расчет оптимальных параметров производства мяса крупного рогатого скота в Западно-Казахстанской области, необходимых для повышения его эффективности на основе использования системного подхода, инструментария контекстных данных и причинно-следственных связей, корреляционно-регрессионного анализа и линейной оптимизации.

Анализ литературных источников по теме исследования позволяет констатировать ее актуальность. При районном делении регионального субъекта проведение предварительной классификации муниципальных образований с последующим исследованием выделенных кластеров повышает точность результатов моделирования продуктивности сельскохозяйственных модулей.

Цель исследования заключается в моделировании деятельности отраслей животноводства и растениеводства в классификационных группах Республики Марий Эл.

## Материалы и методы

На основании статистических данных Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл за 2020 г. методом *k*-средних кластерного анализа проведена классификация 14 районов Республики Марий Эл по уровню экономического развития. Используемый алгоритм классификации относится к дивизимным методам, разделяющим исследуемую совокупность объектов на заданное исследователем число групп. Далее на основании метода научной индукции выполнено моделирование показателей результативности сфер животноводства и расте-

ниеводства Республики Марий Эл в выделенных кластерах. Построение моделей основано на методе пошагового исключения множественной регрессии на базе экономических индикаторов с 2007 по 2021 г.

### Результаты исследования

Республика Марий Эл является аграрно-индустриальным регионом с развитыми отрасля-

ми животноводства и растениеводства. Так, по продуктивности молочного стада территория входит в десятку лучших регионов Российской Федерации. Вместе с тем развитие сельского хозяйства республики претерпело существенные кризисные изменения. Так, за период с 2007 по 2021 г. поголовье скота и птицы в регионе сократилось со 136 144 до 80 613 голов, или на 41 % (рис. 1).

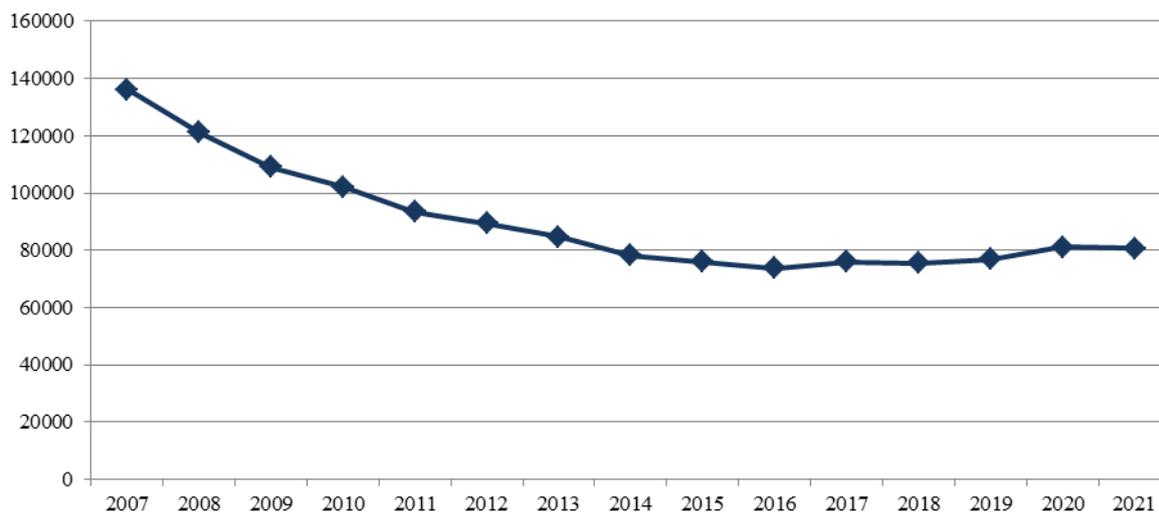


Рис. 1. Динамика поголовья скота и птицы в Республике Марий Эл за период 2007—2021 гг., голов  
*Dynamics of livestock and poultry in the Republic of Mari El in 2007—2021, heads*

Наибольшее сокращение особей наблюдалось в 2016 г., численность составила 73 803 головы. Начиная с 2017 г. наметилась тенденция к постепенному увеличению поголовья скота и птицы. К 2021 г. достигнуто 59 % численности по сравнению с 2007 г.

Валовые сборы сельскохозяйственных культур за период с 2012 по 2021 г. характеризовались нестабильностью в динамике, при этом в целом за рассматриваемый период наблюдалась возрастающая тенденция урожайности (рис. 2).

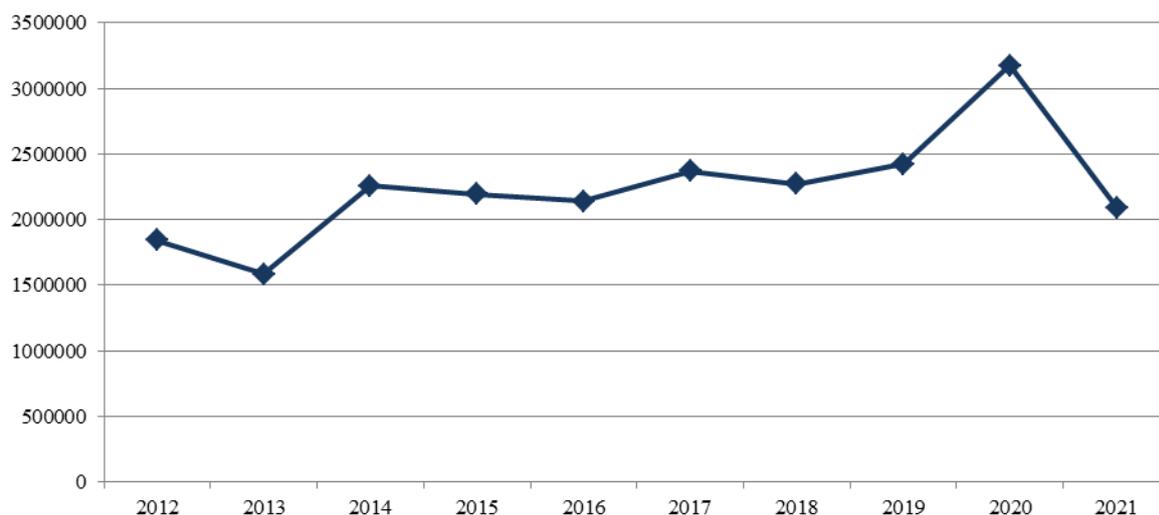


Рис. 2. Динамика валовых сборов зерновых и зернобобовых культур в Республике Марий Эл за период 2012—2021 гг., ц  
*Dynamics of gross yields of grain and leguminous crops in the Republic of Mari El in 2012—2021, quintals*

Наибольшее падение урожайности за анализируемый период зафиксировано в 2013 и 2021 гг., когда валовой сбор сократился на 14 и 34 % соответственно по отношению к уровню предыду-

щего года. В целом за период с 2012 по 2021 г. сборы зерновых и зернобобовых культур в регионе возросли на 13,5 %, с 1 841 383 до 2 089 888 ц в год.

Анализ поголовья скота и птицы в разрезе районов Республики Марий Эл за 2021 г. показывает, что лидерами по численности голов являются Звениговский и Медведевский районы со значениями показателей на уровнях 14 193

и 13 639 голов соответственно. Килемарский и Юринский муниципальные образования характеризуются наименьшей численностью поголовья скота и птицы на уровнях 728 и 224 голов соответственно (рис. 3).

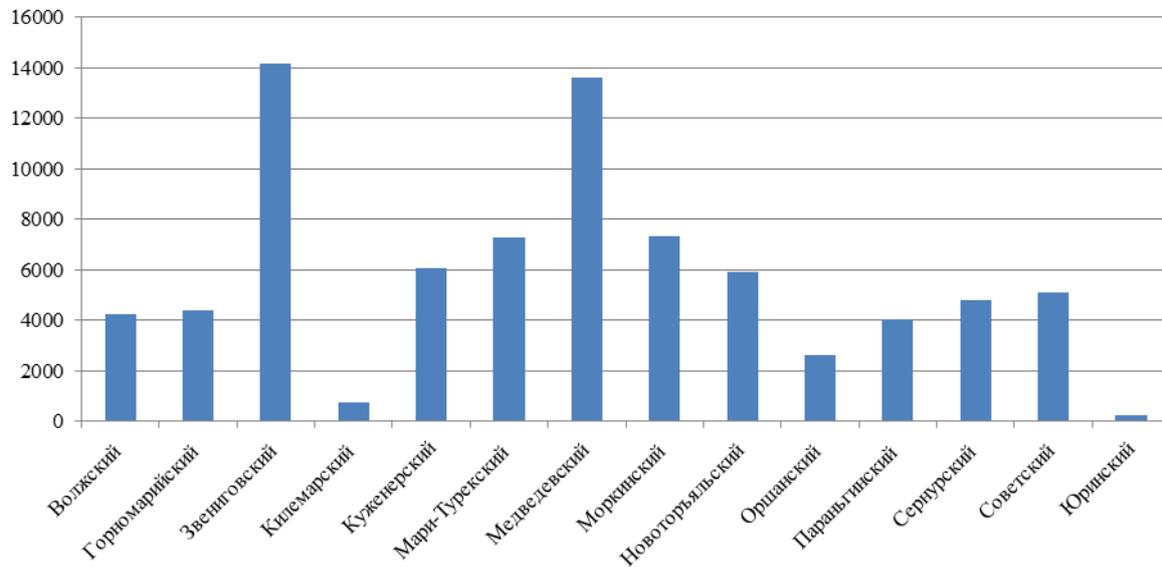


Рис. 3. Структура поголовья скота и птицы в Республике Марий Эл в 2021 г., голов  
Structure of livestock and poultry in the Republic of Mari El in 2021, heads

Анализ валовых сборов зерновых и зернобобовых культур в регионе за 2021 г. показывает, что лидерами по урожайности являются Медвед-

евский, Мари-Турекский, Оршанский, Сернурский и Куженерский районы (рис. 4).

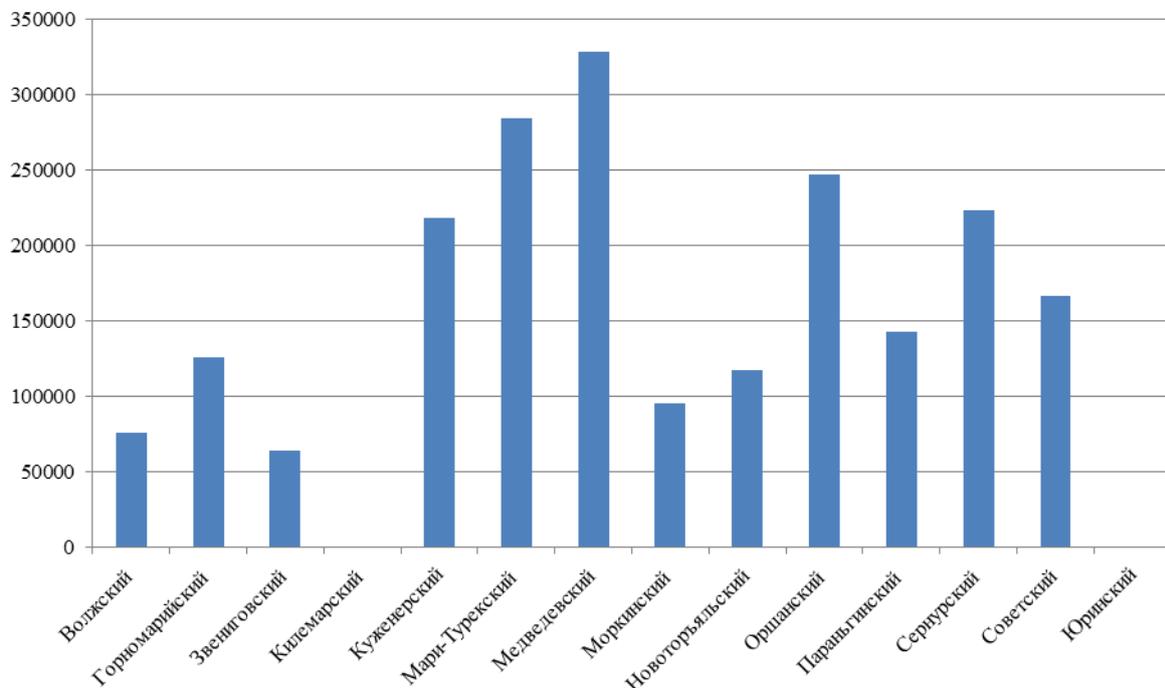


Рис. 4. Структура валовых сборов зерновых и зернобобовых культур в Республике Марий Эл в 2021 г., ц  
Structure of gross harvest of grain and leguminous crops in the Republic of Mari El in 2021, quintals

Наибольший валовой сбор в 2021 г. зарегистрирован в Медведевском муниципальном образовании — 328 766,2 ц. Лидерство Медведевского района по поголовью скота и птицы и урожай-

ности во многом объясняется его максимальной приближенностью к столице Республики Марий Эл — г. Йошкар-Оле. Наименьшими сборами зерновых и зернобобовых культур, как и при ана-

лизе поголовья скота и птицы, характеризуются Килемарский и Юринский районы. Валовой сбор в 2021 г. на данных территориях составил 50,24 и 367 ц. Неразвитость сельскохозяйственных отраслей указанных муниципальных образований объясняется их спецификой: заболоченностью и наличием памятников природы в Килемарском районе, а также туристической ориентацией деятельности Юринского района, на территории которого находятся десятки археологических памятников и других достопримечательностей.

Для тактического планирования дальнейшего развития сферы сельского хозяйства целесообразно провести предварительную классификацию муниципальных образований Республики Марий Эл. В качестве показателей кластеризации отобрано 9 факторов экономического развития по районам региона за 2020 г.:

- $x_1$  — реализовано на убой скота и птицы, ц;
- $x_2$  — реализовано зерновых культур, т;
- $x_3$  — реализовано инвестиционных проектов, ед.;
- $x_4$  — ввод в действие зданий нежилого назначения,  $m^2$ ;
- $x_5$  — ввод в действие жилых домов,  $m^2$ ;
- $x_6$  — ввод в действие индивидуальных жилых домов,  $m^2$ ;
- $x_7$  — объем отгруженной продукции, выполненных работ и оказанных услуг, тыс. руб.;
- $x_8$  — объем полученной продукции за выполненные работы и оказанные услуги, тыс. руб.;
- $x_9$  — индекс объема отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами, % к 2020 г.

При классификации методом  $k$ -средних алгоритма кластерного анализа получено пять кластеров (рис. 5).

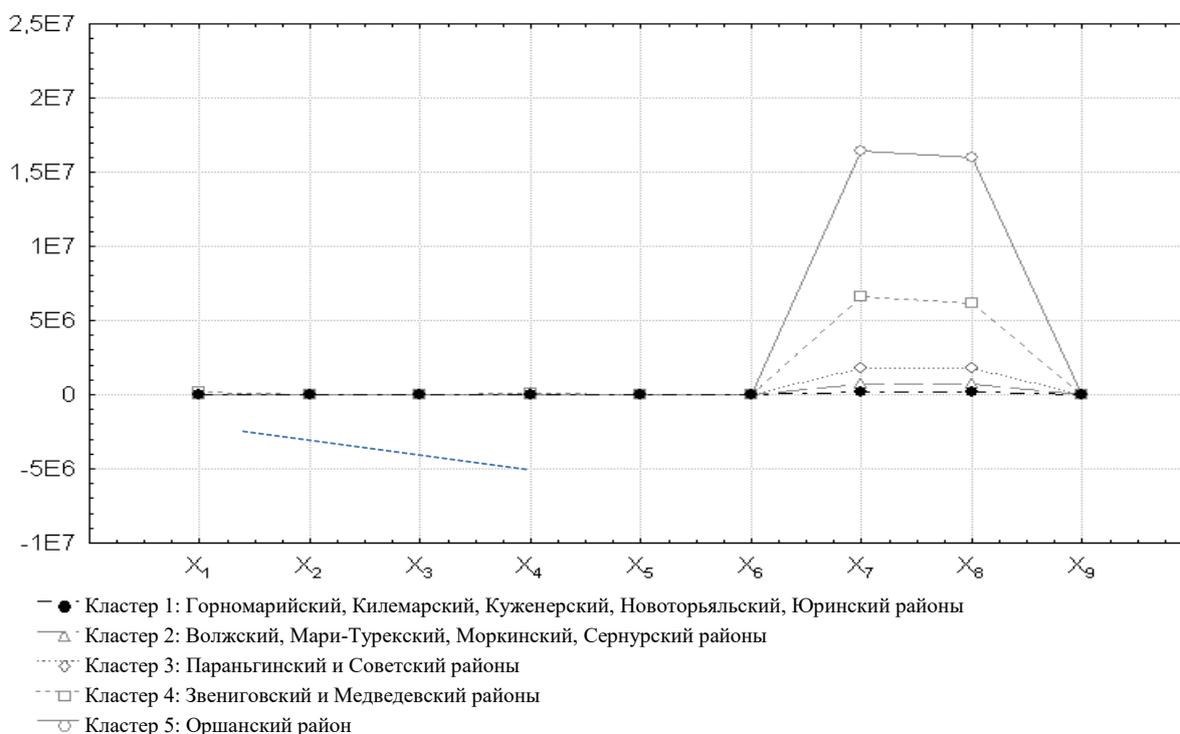


Рис. 5. Результаты классификации районов Республики Марий Эл методом  $k$ -средних  
*Results of the classification of districts of the Republic of Mari El by  $k$ -means method*

Получены средние значения анализируемых показателей для каждого кластера (таблица).

**Средние значения показателей классификации для выделенных кластеров**  
*Average values of the classification indicators for the selected clusters*

Факторы	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5
$x_1$	9 882,7	5 624,8	8 783	178 254,0	1 364,0
$x_2$	3 838,0	7 795,0	7 480,0	4 813,0	3 907,0
$x_3$	17,8	21,0	35,0	63,0	13,0
$x_4$	16 776,9	25 635,8	1 463,0	83 089,0	17 477,0
$x_5$	6 604,6	11 877,3	11 061,0	31 004,0	7 077,0
$x_6$	6 604,6	11 732,8	11 061,0	22 772,0	6 565,0
$x_7$	163 675,0	718 185,5	1 795 565,0	6 643 810,0	16 430 910,0
$x_8$	156 563,6	691 301,0	1 751 849,0	6 138 660,0	16 011 670,0
$x_9$	98,0	109,0	110,0	110,9	114,5

По результатам кластерного анализа можно сделать вывод о том, что по большинству показателей, выбранных для исследования территориальной асимметрии экономического развития районов Республики Марий Эл, а именно:  $x_1$  (реализовано на убой скота и птицы),  $x_3$  (реализовано инвестиционных проектов),  $x_5$  (ввод в действие жилых домов),  $x_6$  (ввод в действие индивидуальных жилых домов) — Звениговский и Медведевский районы (кластер 4) занимают лидирующее положение по сравнению с районами других полученных кластеров.

Анализ показателя  $x_1$  (реализовано на убой скота и птицы) показывает наибольшее среднее значение в Звениговском и Медведевском районах — 178 254 ц. Муниципальные образования третьего кластера, включающего Параньгинский и Советский районы, а также первого кластера, включающего Горномарийский, Килемарский, Куженерский, Новоторьяльский, Юринский районы, реализовали на убой в среднем 8 783,0 и 9 882,7 ц скота и птицы соответственно. Отстающими по показателю  $x_1$  является Оршанский район (кластер 5), где реализовано на убой 1 364 ц. Судя по значению данного показателя, животноводство не является ведущим направлением в сельском хозяйстве этого района.

При реализации зерновых культур ( $x_2$ ) ситуация иная. Больше всего в 2020 г. зерновых культур было реализовано в Волжском, Мари-Турекском, Моркинском, Сернурском районах (кластер 2), где среднее значение составило 7 795 т, что немного выше, чем значение в Параньгинском и Советском районах (кластер 3) — 7 480 т. Что же касается районов, относящихся к четвертому кластеру (Звениговский и Медведевский муниципальные образования), которые по реализации на убой скота и птицы занимают лидирующую позицию с существенным отрывом среди районов, вошедших в другие кластеры, то по реализации зерновых культур средняя величина показателя составила 4 813 т. Наименее продуктивными по показателю  $x_2$  являются кластер 5 (Оршанский район) и кластер 1 (Горномарийский, Килемарский, Куженерский, Новоторьяльский, Юринский районы), которые незначительно отличаются между собой по средним значениям реализованных зерновых культур — 3 907 и 3 838 т соответственно.

Для построения моделей регрессии животноводства в выделенных кластерах за период с 2007 по 2021 г., набор независимых факторов, оказывающих влияние на результативный признак, в качестве которого выступает зависимая переменная  $y$  — поголовье скота (голов), составляющие следующие переменные:

$x_1$  — валовой сбор кормовых корнеплодов и сахарной свеклы на корм скоту, ц;

$x_2$  — наличие всех кормов, ц кормовых ед.;

$x_3$  — приплод телят, голов;

$x_4$  — приплод поросят, голов.

Проанализируем зависимости, построенные для выделенных классификационных групп.

Значимые модели множественной регрессии животноводства построены для кластеров 3, 4 и 5.

Для третьей классификационной группы в составе Параньгинского и Советского районов в естественном виде уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$\hat{y}_x = -8\,455,58 + 9,11x_3 + 0,37x_4,$$

$t$ -критерий для  $x_3$  — 7,442,  $x_4$  — 3,532,  
( $R^2 = 0,98$ ;  $F(2,7) = 220,87$ ).

Из уравнения регрессии следует, что 98 % вариации поголовья скота ( $y$ ) в Параньгинском и Советском районах объясняется вариацией приплода телят ( $x_3$ ) и приплода поросят ( $x_4$ ), оставшиеся 2 % вызваны воздействием неучтенных в модели и случайных факторов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель достаточно адекватно отражает исследуемый процесс.

Коэффициент регрессии при  $x_3$  показывает, что при увеличении приплода телят на 100 голов поголовье скота в среднем увеличится на 911 голов, коэффициент при  $x_4$  показывает, что при увеличении приплода поросят на 100 голов поголовье скота в среднем увеличится на 37 голов.

В стандартизованном масштабе уравнение регрессии, отражающее влияние наиболее значимых факторов на поголовье скота ( $y$ ), выглядит следующим образом:

$$t_y = 0,694t_{x_3} + 0,3294t_{x_4}.$$

Первым на изменение результативного признака (поголовье скота) на 0,69 % повлияет изменение приплода телят ( $x_3$ ) на 1 %, затем на 0,33 % повлияет изменение приплода поросят ( $x_4$ ) на 1 %. Остальные проанализированные показатели не оказывают существенного влияния на изменение результативного признака (поголовье скота).

Для четвертой классификационной группы в составе Медведевского и Звениговского районов в естественном виде уравнение регрессии животноводства имеет следующий вид:

$$\hat{y}_x = 21\,629,64 + 0,06x_1 + 0,57x_4,$$

$t$ -критерий для  $x_1$  — 4,244,  $x_4$  — 13,097,  
( $R^2 = 0,97$ ;  $F(2,7) = 116,93$ ).

Из уравнения регрессии следует, что 97 % вариации поголовья скота ( $y$ ) в Медведевском и Звениговском районах объясняются вариацией валового сбора кормовых корнеплодов и сахарной свеклы на корм скоту ( $x_1$ ) и приплода поросят ( $x_4$ ), оставшиеся 3 % вызваны воздействием неучтенных в модели и случайных факторов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель достаточно адекватно отражает исследуемый процесс.

Коэффициент регрессии при  $x_1$  показывает, что при увеличении валового сбора кормовых корнеплодов и сахарной свеклы на корм скоту на 100 ц поголовье скота в среднем увеличится на 6 голов, коэффициент при  $x_4$  показывает, что при увели-

чении приплода поросят на 100 голов поголовье скота в среднем увеличится на 57 голов.

В стандартизованном масштабе уравнение регрессии, отражающее влияние наиболее значимых факторов на поголовье скота ( $y$ ), выглядит следующим образом:

$$t_y = 0,403t_{x_1} + 1,242t_{x_4}.$$

Первым на изменение результативного признака (поголовье скота) на 1,24 % повлияет изменение приплода поросят ( $x_4$ ) на 1 %, затем на 0,4 % повлияет изменение валового сбора кормовых корнеплодов и сахарной свеклы на корм скоту ( $x_1$ ) на 1 %. Остальные проанализированные показатели не оказывают существенного влияния на изменения результативного признака (поголовье скота).

Для пятой классификационной группы в составе Оршанского района в естественном виде уравнение регрессии животноводства имеет следующий вид:

$$\hat{y}_x = 8\,136,179 + 1,925x_3 + 0,915x_4,$$

$t$ -критерий для  $x_3$  — 3,588,  $x_4$  — 6,644,  
( $R^2 = 0,98$ ;  $F(2,7) = 205,72$ ).

Из уравнения регрессии следует, что 98 % вариации поголовья скота ( $y$ ) в Оршанском районе объясняются вариацией приплода телят ( $x_3$ ) и приплода поросят ( $x_4$ ), оставшиеся 2 % вызваны воздействием неучтенных в модели и случайных факторов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель достаточно адекватно отражает исследуемый процесс.

Коэффициент регрессии при  $x_3$  показывает, что при увеличении приплода телят на 100 голов поголовье скота в среднем увеличится на 193 головы, коэффициент при  $x_4$  показывает, что при увеличении приплода поросят на 100 голов поголовье скота в среднем увеличится на 92 головы.

В стандартизованном масштабе уравнение регрессии, отражающее влияние наиболее значимых факторов на поголовье скота ( $y$ ), выглядит следующим образом:

$$t_y = 0,359t_{x_3} + 0,662t_{x_4}.$$

Первым на изменение результативного признака (поголовье скота) на 0,66 % повлияет изменение приплода поросят ( $x_4$ ) на 1 %, затем на 0,36 % повлияет изменение приплода телят ( $x_3$ ) на 1 %. Остальные проанализированные показатели не оказывают существенного влияния на изменения результативного признака (поголовье скота).

Модель значимой парной регрессии животноводства для первой классификационной группы (Горномарийский, Килемарский, Куженерский, Новоторьяльский, Юринский районы) имеет следующий вид:

$$\hat{y}_x = -1\,245,05 + 9,30x_3,$$

$t$ -критерий для  $x_3$  — 5,462,  
( $R^2 = 0,79$ ;  $F(1,8) = 29,83$ ).

Из уравнения регрессии следует, что 79 % вариации поголовья скота ( $y$ ) в Горномарийском, Килемарском, Куженерском, Новоторьяльском, Юринском районах объясняются вариацией приплода телят ( $x_3$ ), оставшийся 21 % вызван воздействием неучтенных в модели и случайных факторов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель достаточно адекватно отражает исследуемый процесс.

Коэффициент регрессии при  $x_3$  показывает, что при увеличении приплода телят на 100 голов поголовье скота в среднем увеличится на 930 голов.

В стандартизованном масштабе уравнение регрессии, отражающее влияние наиболее значимых факторов на поголовье скота ( $y$ ), выглядит следующим образом:

$$t_y = 0,888t_{x_3}.$$

На изменение результативного признака (поголовье скота) на 0,89 % влияет изменение приплода телят ( $x_3$ ) на 1 %. Остальные проанализированные показатели не оказывают существенного влияния на изменения результативного признака.

Модель значимой парной регрессии животноводства для второй классификационной группы (Волжский, Мари-Турекский, Моркинский, Сернурский районы) имеет следующий вид:

$$\hat{y}_x = -307,844 + 8,353x_3,$$

$t$ -критерий для  $x_3$  — 7,324,  
( $R^2 = 0,87$ ;  $F(1,8) = 53,643$ ).

Из уравнения регрессии следует, что 87 % вариации поголовья скота ( $y$ ) в Волжском, Мари-Турекском, Моркинском, Сернурском районах объясняются вариацией приплода телят ( $x_3$ ), оставшиеся 13 % вызваны воздействием неучтенных в модели и случайных факторов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель достаточно адекватно отражает исследуемый процесс.

Коэффициент регрессии при  $x_3$  показывает, что при увеличении приплода телят на 100 голов поголовье скота в среднем увеличится на 835 голов.

В стандартизованном масштабе уравнение регрессии, отражающее влияние наиболее значимых факторов на поголовье скота ( $y$ ), выглядит следующим образом:

$$t_y = 0,933t_{x_3}.$$

На изменение результативного признака (поголовье скота) на 0,93 % влияет изменение приплода телят ( $x_3$ ) на 1 %. Остальные проанализированные показатели не оказывают существенного влияния на изменения результативного признака.

Для построения моделей регрессии растениеводства в выделенных кластерах за период с 2007 по 2021 г. набор независимых факторов, оказывающих влияние на результативный признак, в качестве которого выступает зависимая переменная  $y$  — валовой сбор сельскохозяйственных

культур (центнеров), составляют следующие переменные:

$x_1$  — материально-техническая база, шт.;

$x_2$  — посевная площадь сельскохозяйственных культур, га;

$x_3$  — внесено минеральных удобрений под посевы сельскохозяйственных культур, ц;

$x_4$  — внесено органических удобрений под посевы сельскохозяйственных культур, ц.

Проанализируем статистически значимые зависимости, построенные для выделенных классификационных групп.

Для первой классификационной группы в составе Горномарийского, Килемарского, Куженерского, Новоторьяльского, Юринского районов в естественном виде уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$\hat{y}_x = 32\,061,81 + 822,45x_1,$$

$t$ -критерий для  $x_1$  — 8,204,  
( $R^2 = 0,89$ ;  $F(1,8) = 67,30$ ).

Из уравнения регрессии следует, что 89 % вариации валового сбора сельскохозяйственных культур ( $y$ ) в Горномарийском, Килемарском, Куженерском, Новоторьяльском, Юринском районах объясняются вариацией материально-технической базы ( $x_1$ ), оставшиеся 11 % вызваны воздействием неучтенных в модели и случайных факторов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель достаточно адекватно отражает исследуемый процесс.

Коэффициент регрессии при  $x_1$  показывает, что при увеличении материально-технической базы на 1 единицу валовой сбор сельскохозяйственных культур в среднем увеличится на 822,45 ц.

В стандартизованном масштабе уравнение регрессии, отражающее влияние наиболее значимых факторов на валовой сбор сельскохозяйственных культур ( $y$ ), выглядит следующим образом:

$$t_y = 0,945t_{x_1}.$$

На изменение результативного признака (валовой сбор сельскохозяйственных культур) на 0,95 % влияет изменение материально-технической базы ( $x_1$ ) на 1 %. Остальные проанализированные показатели не оказывают существенного влияния на изменения результативного признака.

Модель значимой парной регрессии растениеводства для четвертой классификационной группы (Медведевский и Звениговский районы) имеет следующий вид:

$$\hat{y}_x = -144\,629 + 25,0x_2,$$

$t$ -критерий для  $x_2$  — 3,328,  
( $R^2 = 0,58$ ;  $F(1,8) = 11,077$ ).

Из уравнения регрессии следует, что 58 % вариации валового сбора сельскохозяйственных культур ( $y$ ) в Горномарийском, Килемарском, Куженерском, Новоторьяльском, Юринском районах объясняются вариацией посевной площади

сельскохозяйственных культур ( $x_2$ ), оставшиеся 42 % вызваны воздействием неучтенных в модели и случайных факторов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель достаточно адекватно отражает исследуемый процесс.

Коэффициент регрессии при  $x_2$  показывает, что при увеличении посевной площади сельскохозяйственных культур на 1 га, валовой сбор сельскохозяйственных культур в среднем увеличится на 25 ц.

В стандартизованном масштабе уравнение регрессии, отражающее влияние наиболее значимых факторов на валовой сбор сельскохозяйственных культур ( $y$ ), выглядит следующим образом:

$$t_y = 0,762t_{x_2}.$$

На изменение результативного признака (валовой сбор сельскохозяйственных культур) на 0,76 % влияет изменение посевной площади сельскохозяйственных культур ( $x_2$ ) на 1 %. Остальные проанализированные показатели не оказывают существенного влияния на изменения результативного признака.

Модель значимой парной регрессии растениеводства для пятой классификационной группы (Оршанский район) имеет следующий вид:

$$\hat{y}_x = 238\,984 + 35,9x_2,$$

$t$ -критерий для  $x_2$  — 2,732,  
( $R^2 = 0,48$ ;  $F(1,8) = 7,46$ ).

Из уравнения регрессии следует, что 48 % вариации валового сбора сельскохозяйственных культур ( $y$ ) в Горномарийском, Килемарском, Куженерском, Новоторьяльском, Юринском районах объясняются вариацией посевной площади сельскохозяйственных культур ( $x_2$ ), оставшиеся 52 % вызваны воздействием неучтенных в модели и случайных факторов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что модель достаточно адекватно отражает исследуемый процесс.

Коэффициент регрессии при  $x_2$  показывает, что при увеличении посевной площади сельскохозяйственных культур на 1 га валовой сбор сельскохозяйственных культур в среднем увеличится на 35,9 ц.

В стандартизованном масштабе уравнение регрессии, отражающее влияние наиболее значимых факторов на валовой сбор сельскохозяйственных культур ( $y$ ), выглядит следующим образом:

$$t_y = 0,695t_{x_2}.$$

На изменение результативного признака (валовой сбор сельскохозяйственных культур) на 0,69 % влияет изменение посевной площади сельскохозяйственных культур ( $x_2$ ) на 1 %. Остальные проанализированные показатели не оказывают существенного влияния на изменения результативного признака.

Результаты проведенного исследования могут иметь практическую значимость в деятельности

аналитических служб и отделов прогнозирования Республики Марий Эл при планировании развития сфер животноводства и растениеводства в разрезе районов региона.

### Заключение

По результатам анализа 14 районов Республики Марий Эл разбиты на пять качественно однородных по уровню экономического развития классификационных групп, что позволило провести более детальный анализ развития сельского хозяйства в регионе. В выделенных кластерах выполнено моделирование поголовья скота и валового

сбора сельскохозяйственных культур, выделены ключевые факторы, влияющие на моделируемые показатели, определены их абсолютное и относительное воздействие на численность стада и урожайность растениеводческих культур.

Выполненное исследование позволило провести дифференцированный анализ развития сельского хозяйства в схожих по уровню экономического развития районах, что дает возможность разрабатывать программы развития отраслей животноводства и растениеводства с учетом особенностей отдельных территорий в регионе.

### Список источников

1. Акиндинов В. В., Лосева А. С., Килина С. И. Эконометрический анализ и моделирование развития сельского хозяйства регионов ЦФО // Наука и Образование. 2022. Т. 5, № 1.
2. Анохина М. Е. Моделирование стратегии управления экономическим ростом сельского хозяйства (часть 1) // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 2. С. 23—34.
3. Анохина М. Е. Моделирование стратегии управления экономическим ростом сельского хозяйства (часть 2) // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 3. С. 50—53.
4. Брызгалина М. А., Брызгалин Т. В., Лексина А. А. Прогнозное моделирование развития отраслей сельского хозяйства с учетом влияния элементов затрат // АПК: экономика, управление. 2022. № 6. С. 81—89.
5. Герасимов А. Н., Скрипниченко Ю. С., Скрипниченко В. Ю. Моделирование производства продукции сельского хозяйства в регионах Российской Федерации // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 7. С. 66—71.
6. Игнашева Т. А. Моделирование региональной активности по видам экономической деятельности // Регионоведение. 2019. Т. 27, № 3 (108). С. 461—488.
7. Козлова Н. Ю. Молочное животноводство — ключевая отрасль сельского хозяйства // Орошаемое земледелие. 2019. № 4. С. 67—68.
8. Косолапова М. В., Свободин В. А. Аналитическое моделирование интенсификации — методологическая основа цифровизации процесса воспроизводства сельского хозяйства // АПК: экономика, управление. 2021. № 1. С. 54—61.
9. Мазаева Ю. В. Растениеводство и животноводство в контексте разных эпох, современное состояние и перспективы // Наука и Образование. 2022. Т. 5, № 2.
10. Мамедова Р. А. Молочное животноводство в России: состояние и перспективы цифровизации // Агроинженерия. 2020. № 6 (100). С. 10—16.
11. Саудахмадова Ш. С. Теоретические основы развития животноводства и его классификации // Kishovar. 2019. № 4. С. 175—178.
12. Ситдикова Л. Ф. Животноводство в системе развития сельской экономики // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2021. № 4. С. 22—30.
13. Тундова М. Г. Региональное животноводство: модели и прогноз // Островские чтения. 2020. № 1. С. 137—141.
14. Растениеводство Северо-Казахстанской области как основа сельскохозяйственного кластера и обеспечения продовольственной безопасности населения / Г. Н. Чистякова, Г. М. Салыкбаева, С. М. Досмахов, Л. Т. Кожакметова, А. О. Кулмаганбетова // Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. 2022. Т. 106, № 2. С. 168—177.
15. Felipe Oliveira De. M. C. Agricultural and livestock industry in Brazil // Policy, Economy and Innovations. 2021. № 2 (37).
16. Kazambayeva A., Tarshilova L., Zhangaliyeva Y. Beef cattle breeding of the West Kazakhstan region: justification of optimal parameters // Problems of AgriMarket. 2022. № 3. С. 145—154.

### References

1. Akindinov V.V., Loseva A.S., Kilina S.I. Ekonometricheskii analiz i modelirovanie razvitiya sel'skogo khozyaistva regionov TsFO [Econometric analysis and modeling of agricultural development of the Central Federal District ], *Nauka i Obrazovanie [Science and Education]*, 2022, vol. 5, no. 1.
2. Anokhina M.E. Modelirovanie strategii upravleniya ekonomicheskim rostom sel'skogo khozyaistva (chast' 1) [Modeling the strategy of economic growth management in agriculture (part 1)], *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii [Economics of agricultural and processing enterprises]*, 2019, no. 2, pp. 23—34.
3. Anokhina M.E. Modelirovanie strategii upravleniya ekonomicheskim rostom sel'skogo khozyaistva (chast' 2) [Modeling the strategy of economic growth management in agriculture (part 2)], *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii [Economics of agricultural and processing enterprises]*, 2019, no. 3, pp. 50—53.
4. Bryzgalina M.A., Bryzgalin T.V., Leksina A.A. Prognoznnoe modelirovanie razvitiya otraslei sel'skogo khozyaistva s uchetom vliyaniya elementov zatrat [Predictive modeling of the development of agricultural industries, taking into account the impact of cost elements], *APK: ekonomika, upravlenie [Agroindustrial complex: economics, management]*, 2022, no. 6, pp. 81—89.
5. Gerasimov A.N., Skripnichenko Yu.S., Skripnichenko V.Yu. Modelirovanie proizvodstva produktsii sel'skogo khozyaistva v regionakh Rossiiskoi Federatsii [ Modeling of agricultural production in the regions of the Russian Federation], *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii [The economics of agriculture in Russia]*, 2022, no. 7, pp. 66—71.
6. Ignasheva T.A. Modelirovanie regional'noi aktivnosti po vidam ekonomicheskoi deyatelnosti [Modeling of regional activity by type of economic activity], *Regionologiya [Regionology]*, 2019, vol. 27, no. 3 (108), pp. 461—488.

7. Kozlova N.Yu. Molochnoe zhitovnovodstvo — klyuchevaya otrasl' sel'skogo khozyaistva [Dairy farming is a key sector of agriculture], *Oroshaemoe zemledelie [Irrigated farming]*, 2019, no. 4, pp. 67—68.
8. Kosolapova M.V., Svobodin V.A. Analiticheskoe modelirovanie intensivatsii — metodologicheskaya osnova tsifrovizatsii protsessa vosproizvodstva sel'skogo khozyaistva [Analytical modeling of intensification - the methodological basis for the digitalization of the process of agricultural reproduction], *APK: ekonomika, upravlenie [Agroindustrial complex: economics, management]*, 2021, no. 1, pp. 54—61.
9. Mazaeva Yu.V. Rastenievodstvo i zhitovnovodstvo v kontekste raznykh epokh, sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Crop and livestock production in the context of different eras, current status and prospects], *Nauka i Obrazovanie [Science and Education]*, 2022, vol. 5, no. 2.
10. Mamedova R.A. Molochnoe zhitovnovodstvo v Rossii: sostoyanie i perspektivy tsifrovizatsii [Dairy farming in Russia: status and prospects for digitalization], *Agroinzheneriya [Agroengineering]*, 2020, no. 6 (100), pp. 10—16.
11. Saidaxmadova Sh.S. Teoreticheskie osnovy razvitiya zhitovnovodstva i ego klassifikatsii [Theoretical foundations of livestock development and its classification], *Kishovarz*, 2019, no. 4, pp. 175—178.
12. Sitdikova L.F. Zhitovnovodstvo v sisteme razvitiya sel'skoi ekonomiki [Livestock in the system of rural economic development], *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii [Competitiveness in the global world: economics, science, technology]*, 2021, no. 4, pp. 22—30.
13. Tindova M.G. Regional'noe zhitovnovodstvo: modeli i prognoz [Regional livestock production: models and forecasts], *Ostrovskie chteniya [Ostrovskie readings]*, 2020, no. 1, pp. 137—141.
14. Chistyakova G.N., Salykbaeva G.M., Dosmakhov S.M., Kozhakmetova L.T., Kulmaganbetova A.O. Rastenievodstvo Severo-Kazakhstanskoi oblasti kak osnova sel'sko-khozyaistvennogo klastera i obespecheniya prodovol'stvennoi bezopasnosti naseleniya [Crop production of the North Kazakhstan region as the basis of agricultural cluster and food security of the population], *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Meditsina. Geografiya [Vestnik (Herald) of Karaganda University. Series: Biology. Medicine. Geography]*, 2022, vol. 106, no. 2, pp. 168—177.
15. Felipe Oliveira De.M.C. Agricultural and livestock industry in Brazil, *Policy, Economy and Innovations*, 2021, no. 2 (37).
16. Kazambayeva A., Tarshilova L., Zhangaliyeva Y. Beef cattle breeding of the West Kazakhstan region: justification of optimal parameters, *Problems of AgriMarket*, 2022, no. 3, pp. 145—154.

#### Информация об авторе

**Игнашева Татьяна Андреевна** — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной статистики и цифровых технологий, Марийский государственный университет, доцент кафедры информационных систем в экономике, Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Российская Федерация. E-mail: samofeeva@mail.ru

#### Information about the author

**Tatyana A. Ignasheva** — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Statistics and Digital Technology, Mari State University, Associate Professor, Department of Information Systems in Economics, Volga Region State Technological University, Yoshkar-Ola, Russian Federation. E-mail: samofeeva@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.01.2023; одобрена после рецензирования 07.05.2023; принята к публикации 22.05.2023.

The article was submitted 21.01.2023; approved after reviewing 07.05.2023; accepted for publication 22.05.2023.