

Прогнозирование обеспеченности зерноперерабатывающих предприятий Красноярского края зерном основных злаковых культур

Марина А. Янова	¹	yanova.m@mail.ru	 0000-0003-4262-7015
Юрий Ф. Росляков	²	lizaveta_ros@mail.ru	 0000-0003-1431-4804
Анастасия В. Шаропатова	¹	sharopatova@ya.ru	 0000-0003-0763-974X
Марина Н. Куприна	¹	kuprina07@inbox.ru	 0009-0006-0518-6715

¹ Красноярский государственный аграрный университет, пр. т. Мира, 90, г. Красноярск, 660049, Россия

² Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия

Аннотация. Для обоснования рационального размещения новых производственных предприятий зерноперерабатывающей отрасли в Красноярском крае разработана многомерная статистическая модель, позволяющая рассчитать прогнозные значения количественно-качественных показателей зерна в различных природно-климатических зонах региона. При проведении численного эксперимента доказано, что исследованные показатели имеют различные количественно-качественные значения по зонам Красноярского края и при замене значений получаются разные результаты по обеспеченности зерноперерабатывающих предприятий зерновым сырьем, учитывая их специализацию. Комплексная оценка зернового сырья для зерноперерабатывающих производств, с помощью разработанной многомерной статистической модели позволяет прогнозировать рациональное размещение в регионе производственных предприятий по выпуску новых видов муки, крупы и других зернопродуктов, с учетом показателей качества имеющегося сырья и производственной базы. В основу расчетов многомерной статистической модели положено использование метода парных сравнений и ранжирование степени соответствия количества и качества зерна, производимого в различных зонах Красноярского края, характеристикам зерноперерабатывающих предприятий этих зон: производительности и коэффициенту использования производственных мощностей. Использование метода парных сравнений доказывает целесообразность группировки количественно-качественных показателей по зонам, так как специализация основных зерноперерабатывающих заводов Красноярского края между собой различаются больше, чем внутри зон. Модель позволяет оценить в статике и динамике обеспеченность зерноперерабатывающих предприятий зерновым сырьем, коэффициент использования производственных мощностей внутри каждой зоны. Приведенный в статье метод позволяет прогнозировать рациональное размещение в Красноярском крае предприятий зерноперерабатывающей отрасли, с учетом характеристик имеющихся в регионе мукомольных, крупяных заводов, количественно-качественных характеристик зерна основных злаковых культур, а также соответствия между ними.

Ключевые слова: зерно злаковых культур, прогнозирование, моделирование, количественно-качественные показатели зерна, зерноперерабатывающие предприятия, рациональное размещение.

Forecasting the supply of milling and groats enterprises of the Krasnoyarsk region raw materials of the major cereal crops

Marina A. Yanova	¹	yanova.m@mail.ru	 0000-0003-4262-7015
Yuriy F. Roslyakov	²	lizaveta_ros@mail.ru	 0000-0003-1431-4804
Anastasia V. Sharopatova	¹	sharopatova@ya.ru	 0000-0003-0763-974X
Marina N. Kuprina	¹	kuprina07@inbox.ru	 0009-0006-0518-6715

¹ Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira Av., 90 Krasnoyarsk, 660049, Russia

² Kuban State Technological University, Revolution Av., 2, Krasnodar, 350072, Russia

Abstract. To justify the rational location of new production enterprises of grain processing industry in Krasnoyarsk region a multivariate statistical model has been developed, which allows to calculate the forecast values of quantitative and qualitative indicators of grain in different natural and climatic zones of the region. At carrying out of numerical experiment it is proved that the investigated indicators have different quantitative-qualitative values on zones of Krasnoyarsk territory and at replacement of values different results on provision of grain-processing enterprises with grain raw materials, taking into account their specialization are received. The complex assessment of grain raw materials for grain processing industries, with the help of the developed multivariate statistical model allows to predict the rational placement of production enterprises in the region for the production of new types of flour, groats and other grain products, taking into account the quality indicators of available raw materials and production base. The calculations of the multivariate statistical model are based on the use of the method of pairwise comparisons and ranking of the degree of correspondence of the quantity and quality of grain produced in different zones of Krasnoyarsk region to the characteristics of grain processing enterprises of these zones: productivity and capacity utilization factor. The use of the method of pairwise comparisons proves the expediency of grouping quantitative and qualitative indicators by zones, since the specialization of the main grain-processing enterprises in the Krasnoyarsk region. values of quantitative and qualitative indicators of grain of different climatic zones of the Krasnoyarsk territory to justify the rational placement of new production enterprises of the grain processing industry. During the numerical experiment, it is proved that the studied indicators have different values and when replacing these values, different results are obtained on the provision of grain processing enterprises with grain raw materials and their specialization. Comprehensive assessment of quantitative and qualitative indicators of grain raw materials for grain processing industries, allows you to predict the rational placement in the

Для цитирования

Янова М.А., Росляков Ю.Ф., Шаропатова А.В., Куприна М.Н. Прогнозирование обеспеченности зерноперерабатывающих предприятий Красноярского края зерном основных злаковых культур // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 1. С. 70–76. doi: 10.20914/2310-1202-2025-1-70-76

For citation

Yanova M.A., Roslyakov Y.F., Sharopatova A.V., Kuprina M.N. Forecasting the supply of milling and groats enterprises of the Krasnoyarsk region raw materials of the major cereal crops. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 1. pp. 70–76. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-1-70-76

region of production enterprises for the production of new types of flour and cereals, taking into account the quality of existing raw materials and production base with the developed multidimensional statistical model. The calculations of the multidimensional statistical model are based on the ranking of the degree of compliance of the quantity and quality of grain produced in different regions of the Krasnoyarsk territory, productivity and utilization of production capacities of grain processing enterprises using the method of paired comparisons. The use of the method of pair comparisons proves: the expediency of grouping by zones, since the specialization of the main plants of the zone differ more than within. The model makes it possible to estimate in statics and dynamics the availability of grain processing enterprises with grain raw materials, the utilization rate of production capacities within each zone. This approach with the ranking of the above features, taking into account the assessment of compliance between them, allowed to predict the rational placement in the region of production enterprises of the grain processing industry, taking into account the assessment of quantitative and qualitative characteristics of raw materials.

Keywords: grain of cereals, forecasting, modeling, quantitative and qualitative indicators of grain, grain processing enterprises, rational placement.

Введение

Внедрение прогрессивных технологических процессов при переработке зерна в современных условиях повышает эффективность использования сырья в зерноперерабатывающей промышленности. При этом обеспечение мукомольных и крупяных предприятий качественным зерном основных злаковых культур имеет большое значение для технологического процесса [1–5].

Стремительный прогресс научных вычислений с применением методов математического моделирования играет ключевую роль в пищевой индустрии, в таких областях как зерноперерабатывающая промышленность и очевиден потенциальный вклад разработанных моделей во многих других направлениях [3, 9, 12]. Учитывая низкий уровень использования производственных мощностей зерноперерабатывающих предприятий в Красноярском крае, эффективность использования сырья из основных злаковых культур имеет важное хозяйственное значение [7, 8, 10, 11, 16]. Технологические свойства зерна влияют на процесс его переработки и качество получаемой из него продукции, это следует учитывать при выборе направления использования сырья [6, 13–15].

При прогнозировании обеспеченности зерноперерабатывающих предприятий сырьем совершенствование методологии математической оценки количественно-качественных показателей перерабатываемого сырья заключается в исследовании потенциальных свойств зерна: физико-химических свойств, а также анализе технологий производства, учитывающих минимальное количество параметров [3, 11, 17, 19].

Анализ современных технологий зерноперерабатывающих производств, их технической поддержки и обеспеченности качественным сырьем важен с точки зрения возможности и целесообразности создания современных эффективных систем промышленного производства и переработки зерна основных злаковых культур в продукты питания [12, 13, 18, 20].

Цель работы – разработка математической модели для прогнозирования обеспеченности мукомольных и крупяных предприятий Красноярского края зерном основных злаковых культур.

Материалы и методы

В ходе численного эксперимента проведена оценка соответствия имеющихся мощностей переработки зерна в муку и крупу в различных зонах Красноярского края потребностям производителей зерна на двух уровнях:

– статистическом (по определенным статистическим данным);

– динамическом (по фактическим данным функционирования системы).

Механизм моделирования включает ранжирование степени соответствия агрегатных моделей: <культура (пшеница, ячмень, овес)/зона (центральная, западная, восточная, южная, северная) > – <пищевая цель переработки (мука, крупа) > с использованием метода парных сравнений; расчет фактического индекса обеспечения региона (группы зон) по характеристикам имеющейся производственной базы; расчет оптимального с точки зрения статистических моделей культур индекса обеспеченности по видам перерабатывающего оборудования для регионов [3].

Известна статическая модель структуры формирования количественно-качественных показателей по зерновым культурам с привязкой к региональным условиям [9], настоящие исследования дополнены данными по наличию производственных мощностей предприятий по переработке зерна, а также прогнозом изменения количественных и качественных параметров производства зерна (с фильтрацией данных и выделением трендов, построением доверительных интервалов для средних значений параметров на уровне районов и зон края).

В результате реализации данного подхода были поставлены две задачи:

– прямая задача: насколько существующие в зоне мощности (отдельно по муке и крупе) соответствуют количеству произведенного зерна в зоне;

– обратная задача: для существующего уровня производства зерна (с учетом имеющихся тенденций развития) определить необходимую производительность зерноперерабатывающих производств и их размещение в пределах зоны.

Отметим, что несмотря на кажущуюся простоту оценки соответствия по равенству производительностей суммарных по видам

производства и переработки зерна, как первая, так и вторая задачи осложняются наличием неопределенных и случайных факторов.

Например, можно вести расчеты по среднему значению, или по наибольшему возможному, или по наиболее вероятному объему производства, суммарному в данной зоне (с возможным учетом притока сырья на переработку из соседних зон). Оценка соответствия мощностей мукомольных предприятий возможному поставкам сырья показано на примере предприятий западной зоны Красноярского края (рисунок 1).

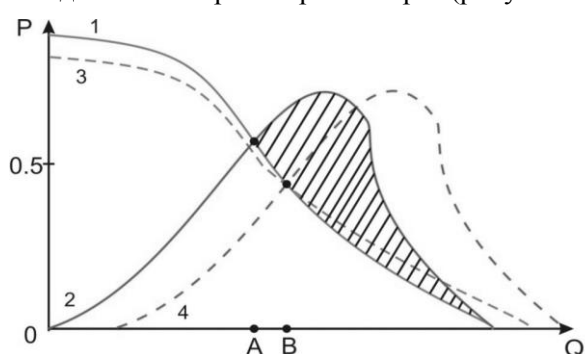


Рисунок 1. Соответствие мощности по выпуску муки объему поставок зерна, тыс. тонн: 1 – объем производства муки; 2 – объем производства зерна; 3 – прогнозируемый объем производства муки; 4 – прогнозируемый объем производства зерна

Figure 1. Correspondence of flour production capacity to the volume of grain supplies, thousand tons: 1 – flour production volume; 2 – grain production volume; 3 – projected flour production volume; 4 – projected grain production volume

На рисунке 1 показано соответствие мощности по выпуску муки Ачинского зерноперерабатывающего комбината (1) объему поставок зерна (2) из Ужурского и Назаровского районов Красноярского края (западная зона).

Динамическая модель функционирования системы «сельхозтоваропроизводитель» – «зерноперерабатывающие предприятия» подчинена параметрам количества и качества производимого в сельскохозяйственных предприятиях сырья для зерноперерабатывающих производств, параметрам зерноперерабатывающих предприятий, находящихся в зоне доступности и, что не менее важно, степени соответствия первых двух параметров между собой. Таким образом, выделяем две группы параметров (назовем их первичными x и вторичными y), а третью группу составляют параметры соответствия между x и y , которую обозначим через z и назовем потенциальной интенсивностью возможных потоков $x \rightarrow y$, которая в зависимости от дополнительных параметров (расстояние, скорость доставки, время, стоимость переработки, стоимость хранения, цена реализации) преобразуется в матрицу интенсивных переходов из x в y , обозначим ее через a_{xy} .

Учитывая, что для реальной функционирующей системы параметры y зафиксированы, а параметры x определяются полностью начальным состоянием зерновых потоков $x(0)$, можно упростить модель функционирования и представить ее в виде системы уравнений Колмогорова – Чапмена:

$$\frac{d}{dt}P(t) = A^T P(t), \quad (1)$$

$$P(0) = E, \quad (2)$$

где входной вектор $x(t)$, представляющий собой стационарный Марковский процесс $x(t)$ (принимает значения их множества состояний S), задается неявно через матрицу переходных вероятностей:

$$P(t) = \{P_{xy}(t)\} \quad (3)$$

$$P_{xy}(t) = P \left\{ x(t) = \frac{y}{x(0)} = x_0 \right\}.$$

Решением системы уравнений К-Ч является:

$$P(t) = \exp(At) \quad (4)$$

где x – заявки ЗТ, y – заявки ЗП; t – время (в сутках) от начала уборочного периода до окончания послеуборочной обработки зерна, $t = 0; 100$.

Между x и y могут существовать отношения нескольких видов:

- партнерские, в виде долгосрочных договоров на поставку – переработку фиксированного (или ориентированного) объема зерна определенного (в диапазоне) качества;

- случайное обслуживание (при возможности приема на переработку со стороны ЗП, – сигнал y ; при возможности поставки со стороны ЗТ – сигнал x , при условии соответствия сигнала x сигналу y).

Входной сигнал (вектор x) представляет Марковский процесс $x(t)$ со множеством возможных состояний S . Он связан с выходным сигналом $y(t)$ посредством матрицы переходных вероятностей (3). Поэтому, учитывая, что наибольший интерес представляют стационарные режимы динамики функционирования системы ЗТ-ЗП, будем моделировать не $x(t) \rightarrow y(t)$, а опосредованно – через матрицу P_{xy} , в виде системы уравнений К-Ч (1)–(2). Учитывая, что вектор $y(t)$ характеризуется значительно большей стационарностью и эргодичностью по сравнению с $x(t)$, главную роль в этой системе играют устойчивые распределения стационарных вероятностей $\{P_x\}$. При этом дифференциальные уравнения (1) приходят к одночленному виду:

$$A^T P_x = 0, \quad (5)$$

где A^T – транспонированная матрица перехода $A = \{a_{xy}\}$ марковского процесса x . Значения ее элементов в конкретный момент t зависят от текущего состояния системы $\{x(t), y(t)\}$

$$\begin{cases} 1, \text{ если } x \in A_y \text{ (условие договора)}; \\ \alpha r_{xy}, \text{ если } y \in B_x \text{ (условие "входа")}; \\ -\rho(x) - \alpha S(x), \text{ если } y \sim x \left(\begin{matrix} \text{условие} \\ \text{"выхода"} \end{matrix} \right); \\ 0, \text{ при всех остальных случаях} \end{cases} \quad (6)$$

Условие «входа» заключается в наличии свободной мощности зерноперерабатывающего предприятия (ЗП) для принятия дополнительных заказов (вне условия «договора»); условие «выхода» – это поступление сигнала от сельхозтоваропроизводителей (ЗТ) (вне условия «договора»).

Тогда стационарная составляющая динамической модели принимает вид:

$$\begin{cases} \sum P_i = 1; \\ \sum P_y + ZP_y \alpha r_{yx} = (\rho(x) + \alpha S(x)) P_x; \\ x \in A_y \end{cases} \quad (7)$$

в котором первое равенство определяет условие нормирования, а второе выражает баланс между возможностью приема зерна на обработку и возможным получением зерна от зернопроизводителей зон края.

Эта модель была реализована для пяти зон края отдельно для переработки зерна на муку ($з \rightarrow м$), зерна на крупу ($з \rightarrow к$) и зерна на комбикорм ($з \rightarrow кмб$).

$$\begin{cases} g(x); \\ \{R = r_{xy}\}; \\ S(x) = \sum r_{xy}. \end{cases} \quad (8)$$

Модель позволяет определить потери вследствие несоответствия сельхозтоваропроизводителей – зерноперерабатывающему предприятию ($ЗТ \rightarrow ЗП$). Введено понятие условной вероятности потерь

$$\beta_x = \frac{S^*(x) - S(x)}{S^*(x)}. \quad (9)$$

и полной вероятности потерь

$$\beta = \sum_{x \in S} \beta_x P_x, \quad (10)$$

где S – множество возможных событий системы (x, y) .

Результаты и обсуждение

Для простоты иллюстраций рассмотрим малую систему с двумя сельхозтоваропроизводителями (ЗТ) и одним зерноперерабатывающим предприятием (ЗП). Множество возможных событий будет задаваться следующим множеством подмножеств:

$$\begin{cases} XY = \{x_1 = \{0\}\}; \\ x_2 = \{1 \vee 2\}; \\ x_3 = \{3\}; \\ x_4 = \{1 \& 2\}; \\ x_5 = \{(1 \& 3) \vee (2 \& 3)\}; \\ x_6 = \{1 \& 2 \& 3\} \end{cases} \quad (11)$$

Здесь под 1 и 2 обозначены заявки от ЗТ 1 и ЗТ 2, а под 3 – возможность принятия этих заявок от ЗП 3.

Тогда система принимает вид:

$$\begin{cases} 2\alpha P_1 = P_2 P_3; \\ 2\alpha P_1 + 2P_4 + P_5 = (2\alpha + 1) P_2; \\ (2\alpha + 1) P_3 = P_5; \\ (2\alpha + 2) P_4 = \alpha P_2 + P_6; \\ (\alpha + 2) P_5 = \alpha P_2 + 2\alpha P_3 + 2P_6; \\ 3P_6 = 2\alpha P_4 + \alpha P_5 \end{cases} \quad (12)$$

Без учета нормирующего условия одним из решений этой системы является:

$$\begin{cases} P_1 = 5\alpha^2 + 7\alpha + 3; \\ P_2 = 6\alpha^3 + 11\alpha^2 + 6\alpha; \\ P_3 = 3\alpha^2 + 4\alpha^3; \\ P_4 = 2\alpha^4 + 4\alpha^3 + 3\alpha^2; \\ P_5 = 8\alpha^4 + 10\alpha^3 + 3\alpha^2; \\ P_6 = 4\alpha^5 + 6\alpha^4 + 3\alpha^3 \end{cases} \quad (13)$$

Отсюда

$$\beta_5 = 0,5; \beta_6 = 1; \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0.$$

Тогда общая вероятность потерь заказов на обработку зерна в этой системе:

$$\beta = \frac{1,5\alpha^2 + 8\alpha^3 + 10\alpha^4 + 4\alpha^5}{3 + 13\alpha + 25\alpha^2 + 27\alpha^3 + 16\alpha^4 + 4\alpha^5}. \quad (14)$$

Даже для потока с малой интенсивностью со средним значением 1 заявка в сутки (весь интервал времени взят 60 суток) получаем $\beta = 0,27$, то есть почти 1/3 не может быть реализована, следовательно 0,27 – это доля того объема зерна, который по своим параметрам может быть обработан на этих мощностях данного завода.

Рассчитанная многомерная статистическая модель, в основу которой положен метод парных сравнений количественно-качественных показателей сырья и производственных характеристик зерноперерабатывающих предприятий, показывала оптимальное соответствие показателей производства и поставок сырья мукомольным предприятиям и их производственной мощности в западной зоне Красноярского края. В остальных зонах нет соответствия между объемом и качеством зерна, который по своим параметрам может быть обработан на мощностях зерноперерабатывающих заводов регионов.

Заключение

Оценка в статике и динамике обеспеченности наиболее востребованными мощностями внутри каждой земледельческой зоны Красноярского края позволила спрогнозировать размещение в регионе производственных предприятий зерноперерабатывающей отрасли с учетом формирования

количественно-качественных характеристик сырья. Согласно проведенным расчетам, целесообразным является строительство мукомольных предприятий мощностью 100 тонн в сутки на границе центральной и западной зон и в южной зоне крае мощностью 50 тонн в сутки. Основные потоки сырья оптимального качества для крупяной промышленности расположены в восточной зоне и на юге Красноярского края, способные обеспечить сырьем новые крупяные заводы производительностью 50 тонн в сутки.

Таким образом, разработанный механизм прогнозирования обеспеченности мукомольных и крупяных предприятий Красноярского края зерном основных злаковых культур, позволил обосновать размещение в регионе производственных предприятий по выпуску новых видов муки и крупы с учетом имеющегося сырья и производственной базы.

Литература

- 1 Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года. URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/npafiles/2021/09/14/33_rasporyazhenie_pravitelstva_rf_ot_10_08_2019_n_1796-r.pdf
- 2 Лесникова Н.А., Кокорева Л.А., Пищиков Г.Б., Протасова Л.Г. Перспективы применения нетрадиционного растительного сырья для создания новых продуктов питания // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. №4. С. 89-97. doi:10.20914/2310-1202-2019-4-89-97
- 3 Карачанская Т.А., Красина И.Б., Фадеева А.А. Использование математических методов планирования эксперимента при выявлении факторов, влияющих на потребительские свойства заварных пряников // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 1. С. 107 – 110.
- 4 Goriely A. The mathematics and mechanics of biological growth. Springer. 2017. 646 p.
- 5 Мизанбекова С. К., Богомолова И.П., Джумабаева А.М. Комбикормовая промышленность: ориентиры, потенциальные возможности // Проблемы агрорынка. 2023. № 2. С. 127-135. doi:10.46666/2023-2.2708-9991.12
- 6 Першукевич П.М., Тю Л.В., Быков А.А., Стенкина М.В. Перспективы усиления экспортной ориентации развития зернового комплекса Сибирского федерального округа // АПК: экономика, управление. 2020. № 9. С. 62-70. doi:10.33305/209-62
- 7 Паршуков Д. В. Стратегические приоритеты и перспективные направления развития Южного агропромышленного территориального кластера Красноярского края // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2024. № 2(32). С. 3-17. doi:10.36718/2500-1825-2024-2-3-17
- 8 Янова М.А., Росляков Ю.Ф. Моделирование структуры количественно-качественных показателей зерна основных злаковых культур с учетом региональных условий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2019. № 2–3. С. 96–99.
- 9 Yanova M.A., Silin V.E. Analysis of raw materials of grain processing production in the Krasnoyarsk region // The Bulletin of KrasGAU. 2016. № 5. P. 149–154.
- 10 Бундина О. И. Формирование зерновых кластеров России: синергетическая технология // Пищевая промышленность. 2023. № 6. С. 27-29. doi:10.52653/PPI.2023.6.6.008
- 11 Codina G.G., Dabija A. Innovative Grain Processing: Trends and Technologies. Appl. Sci. 2024. V. 14. P. 10954. doi:10.3390/app142310954
- 12 Lima R. E., Coradi P. C., Nunes M. T., Bellochio S. D. C. et al. Mathematical modeling and multivariate analysis applied earliest soybean harvest associated drying and storage conditions and influences on physicochemical grain quality //Scientific Reports. 2021. V. 11. №. 1. P. 23287.
- 13 Dauletbakov B., Sultangaliyeva A., Abitova A., Primzharova K. Improvement of the methodology for grain quality assessment // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2016. V. 92. № 1. P. 144–153.
- 14 Panfilov V.A., Andreev S.P. Engineering of complex technological systems in the agroindustrial complex // Foods and Raw Materials. 2018. V. 6. №. 1 P. 23–29.
- 15 Зюкин Д. А. Развитие инфраструктуры хранения зерна как направление оптимизации процессов межрегионального обмена // Региональный вестник. 2019. № 23(38). С. 67-69.
- 16 Алтухов А. И. Пространственное развитие зернового хозяйства в условиях нового административно-территориального деления страны // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 8. С. 44-52.
- 17 Sadenova M. A., Beisekenov N. A., Rakhymberdina M. Y., Varbanov P. S. et al. Mathematical modelling in crop production to predict crop yields //Chemical Engineering Transactions. 2021. V. 88. P. 1225-1230.
- 18 Ye H., Wang Y., Zhang Y., Hu. X. et al. Digital transformation of agriculture: A new integrated modeling framework for arable farm enterprises // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. V. 212. P. 108041.

19 Matvienko E., Aygumov T., Zolkin A., Tormozov V. et al. Resource-saving technologies in storage and processing of agricultural products // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2023. V. 390. P. 02003.

20 Bharatkumar D. P., Khatun P., Kumar C., Yadav A.K. Role of agriculture processing in export growth of agricultural products // Journal of Current Research in Food Science. 2023. V. 4. №. 1. P. 49-56.

References

1 Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until 2035. Available at: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/npafiles/2021/09/14/33_rasporyazhenie_pravitelstva_rf_ot_10_08_2019_n_1796-r.pdf

2 Lesnikova N.A., Kokoreva L.A., Pishchikov G.B., Protasova L.G. Prospects for the use of non-traditional vegetable raw materials for the creation of new food products. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019. vol. 81. no. 4. pp. 89-97 doi:10.20914/2310-1202-2019-4-89-97

3 Karachanskiy T.A., Krasina I.B., Fadeeva A.A. Use of mathematical methods of experiment planning in identifying the factors influencing consumer properties of custard cakes // News of higher educational institutions. Food technology. 2016. no. 1. pp. 107-110.

4 Goriely A. The mathematics and mechanics of biological growth. Springer. 2017. 646 p.

5 Mizanbekova S. K., Bogomolova I.P., Dzhumabaeva A.M. Compound feed industry: benchmarks, potential opportunities // Problems of agro-market. 2023. no. 2. pp. 127-135. doi 10.46666/2023-2.2708-9991.12

6 Pershukovich P.M., Ty L.V., Bykov A.A., Stenkina M.V. Prospects for strengthening the export orientation of the grain complex of the Siberian Federal District // Agroindustrial complex: economics, management. 2020. no. 9. pp. 62-70. doi:10.33305/209-62

7 Parshukov D. V. Strategic priorities and promising directions for the development of the Southern agro-industrial territorial cluster of the Krasnoyarsk Territory // Socio-economic and Humanitarian Journal. 2024. no. 2(32). pp. 3-17. doi:10.36718/2500-1825-2024-2-3-17

8 Yanova M.A., Roslyakov Yu.F. Modeling the structure of quantitative and qualitative indicators of grain of major cereal crops, taking into account regional conditions // News of higher educational institutions. Food technology. 2019. no. 2-3. pp. 96-99.

9 Yanova M.A., Silin V.E. Analysis of raw materials of grain processing production in the Krasnoyarsk region // The Bulletin of KrasGAU. 2016. no 5. pp. 149-154.

10 Bundina O. I. Formation of grain clusters in Russia: a synergetic technology // Food industry. 2023. no. 6. pp. 27-29. doi:10.52653/PPI.2023.6.6.008

11 Codina G.G., Dabija A. Innovative Grain Processing: Trends and Technologies. Appl. Sci. 2024. vol. 14. pp. 10954. doi:10.3390/app142310954

12 Lima R. E. Coradi, P. C., Nunes, M. T., Bellochio, S. D. C et al. Mathematical modeling and multivariate analysis applied earliest soybean harvest associated drying and storage conditions and influences on physicochemical grain quality // Scientific Reports. 2021. vol. 11. no. 1. pp. 23287.

13 Dauletbakov B., Sultangaliyeva A., Abitova A., Primzharova K. Improvement of the methodology for grain quality assessment // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2016. vol. 92. no. 1. pp. 144-153.

14 Panfilov V.A., Andreev S.P. Engineering of complex technological systems in the agroindustrial complex // Foods and Raw Materials. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 23-29.

15 Zyukin D. A. Development of grain storage infrastructure as a direction for optimizing inter-regional exchange processes // Regional bulletin. 2019. no. 23(38). pp. 67-69.

16 Altukhov A. I. Spatial development of grain farming in the context of a new administrative-territorial division of the country // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2020. no. 8. pp. 44-52.

17 Sadenova M. A., Beisekenov N. A., Rakhymberdina M. Y., Varbanov P. S et al. Mathematical modelling in crop production to predict crop yields // Chemical Engineering Transactions. 2021. vol. 88. pp. 1225-1230.

18 Ye H., Wang Y., Zhang Y., Hu. X. et al. Digital transformation of agriculture: A new integrated modeling framework for arable farm enterprises // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. vol. 212. pp. 108041.

19 Matvienko E., Aygumov T., Zolkin A., Tormozov V. et al. Resource-saving technologies in storage and processing of agricultural products // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2023. vol. 390. pp. 02003.

20 Bharatkumar D. P., Khatun P., Kumar C., Yadav A.K. Role of agriculture processing in export growth of agricultural products // Journal of Current Research in Food Science. 2023. vol. 4. no. 1. pp. 49-56.

Сведения об авторах

Марина А. Янова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Красноярский государственный аграрный университет, пр-т Мира, 90, г. Красноярск, 660049, Россия, yanova.m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4262-7015>

Юрий Ф. Росляков д.т.н., профессор, кафедра пищевой инженерии, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Россия, lizaveta_ros@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1431-4804>

Information about authors

Marina A. Yanova Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies of bakery, confectionery and pasta production department, Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira Av., 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia, yanova.m@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4262-7015>

Yuriy F. Roslyakov Dr. Sci. (Chem.), professor, food engineering department, Kuban State Technological University, Revolution Av., 2, Krasnodar, 350072, Russia, lizaveta_ros@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1431-4804>

Анастасия В. Шаропатова к.э.н., доцент, кафедра организации и экономики сельскохозяйственного производства, Красноярский государственный аграрный университет, пр-т Мира, 90, г. Красноярск, 660049, Россия, sharopatova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0763-974X>

Марина Н. Куприна к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Красноярский государственный аграрный университет, пр-т Мира, 90, г. Красноярск, 660049, Россия, kuprina07@inbox.ru

 <https://orcid.org/0009-0006-0518-6715>

Anastasia V. Sharopatova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of organization and economics of agricultural production, Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira Av., 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia, sharopatova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0763-974X>

Marina N. Kuprina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technologies of bakery, confectionery and pasta production department, Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira Av., 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia, kuprina07@inbox.ru

 <https://orcid.org/0009-0006-0518-6715>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 03/02/2025	После редакции 25/02/2025	Принята в печать 11/03/2025
Received 03/02/2025	Accepted in revised 25/02/2025	Accepted 11/03/2025